

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON CENIZA DE
CÁSCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACIÓN DE AVENIDA
AVIACIÓN, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO,
CAJAMARCA”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADA POR:

BACH. JUAN CARLOS LÓPEZ RAMÍREZ

ASESOR:

ING. MARCO WILDER HOYOS SAUCEDO

Cajamarca, Perú

2023

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

La que suscribe, Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca certifica:

La originalidad de la tesis denominada **MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACIÓN DE AVENIDA AVIACIÓN, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO, CAJAMARCA**, realizada por el Bachiller en Ingeniería Civil **Juan Carlos López Ramírez** de acuerdo al resultado del análisis reportado por su asesor **Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo** con el software antiplagio Turnitin que identifica **12% (doce por ciento)** de similitud, asignándole el código **oid:3117:290129641**.

Se expide el presente certificado para los fines pertinentes.

Cajamarca, 29 de noviembre del 2023

Documento firmado digitalmente

Dra. Yvonne Katherine Fernández León
Directora Unidad de Investigación Facultad de Ingeniería

Agradecimiento

Agradecimiento a Eduardo Valencia Sidia, Juana Clavo Arnao, y familia en general

Dedicatoria

Dedicado para Juan López Sidia mi Padre, y abuela
Angelica Sidia Castillo

Índice general de contenidos

| | |
|--|-----|
| Agradecimiento | ii |
| Dedicatoria | iii |
| Índice general de contenidos | iv |
| Índice de tablas..... | vi |
| Índice de figuras | vii |
| Resumen | ix |
| Abstract | x |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN | 11 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 11 |
| 1.1.1. Selección del problema | 11 |
| 1.1.2. Formulación interrogativa del problema | 12 |
| 1.1.3. Justificación de la investigación..... | 12 |
| 1.1.4. Limitaciones | 12 |
| 1.2. Objetivos de la investigación..... | 13 |
| 1.5.1. Objetivo general | 13 |
| 1.5.2. Objetivos específicos..... | 13 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | 14 |
| 2.1. Antecedentes teóricos | 14 |
| 2.2. Bases teóricas | 17 |
| 2.2.1. Ceniza de cáscara de arroz (CCA) | 17 |
| 2.2.2. Propiedades del suelo | 17 |
| 2.2.3. Sub rasante | 19 |
| 2.2.4. Mejoramiento de la subrasante..... | 19 |
| 2.2.5. Ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo | 20 |
| CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS | 22 |
| 3.1. Hipótesis | 22 |
| 3.1.1. Hipótesis general | 22 |
| 3.2. Variables | 22 |
| 3.2.1. Variable independiente:..... | 22 |
| 3.2.2. Variable dependiente:..... | 22 |
| 3.3. Metodología | 22 |
| 3.2.1. Tipo de estudio | 22 |
| 3.2.2. Diseño..... | 22 |
| 3.4. Población y muestra..... | 23 |

| | |
|--|----|
| 3.4.1. Población..... | 23 |
| 3.4.2. Muestra..... | 23 |
| 3.5. Método de investigación | 23 |
| 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 23 |
| 3.7. Métodos de análisis de datos..... | 24 |
| CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 25 |
| 4.1. Análisis e interpretación de datos | 25 |
| 4.2. Contratación de hipótesis | 41 |
| 4.3. Discusión | 42 |
| CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 44 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 45 |
| ANEXOS..... | 48 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Clasificación de suelos según tamaño de partículas | 17 |
| Tabla 2. Clasificación de suelos según índice de plasticidad..... | 18 |
| Tabla 3. Categorías de sub rasante | 19 |
| Tabla 4. Tratamientos con ceniza de cáscara de arroz por calicata..... | 23 |
| Tabla 5. Propiedades físicas y mecánicas del suelo de la subrasante sin adicción de ceniza .. | 25 |
| Tabla 6. Propiedades físicas y mecánicas del suelo de la subrasante con adicción de ceniza . | 29 |
| Tabla 7. Proctor del suelo de la subrasante sin adicción de ceniza..... | 32 |
| Tabla 8. CBR del suelo de la subrasante sin adicción de ceniza..... | 33 |
| Tabla 9. Proctor del suelo de la subrasante con adicción de ceniza..... | 34 |
| Tabla 10. CBR del suelo con la adición de ceniza | 36 |

Índice de figuras

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Contenido de humedad del suelo sin adición de ceniza..... | 25 |
| Figura 2. Fracción de grava del suelo sin adición de ceniza | 26 |
| Figura 3. Fracción de arena del suelo sin adición de ceniza | 26 |
| Figura 4. Fracción de finos del suelo sin adición de ceniza | 27 |
| Figura 5. Límite líquido del suelo sin adición de ceniza..... | 27 |
| Figura 6. Límite plástico del suelo sin adición de ceniza..... | 28 |
| Figura 7. Índice de plasticidad del suelo sin adición de ceniza..... | 28 |
| Figura 8. Contenido de humedad del suelo con adición de ceniza | 29 |
| Figura 9. Porcentaje de grava del suelo con adición de ceniza | 29 |
| Figura 10. Porcentaje de arena del suelo con adición de ceniza | 30 |
| Figura 11. Porcentaje de finos del suelo con adición de ceniza | 30 |
| Figura 12. Límite líquido del suelo con adición de ceniza..... | 31 |
| Figura 13. Límite plástico del suelo con adición de ceniza | 31 |
| Figura 14. Índice de plasticidad del suelo con adición de ceniza | 32 |
| Figura 15. Máxima densidad seca del suelo sin adición de ceniza | 33 |
| Figura 16. Óptimo contenido de humedad del suelo sin adición de ceniza | 33 |
| Figura 17. CBR del suelo sin adición de ceniza..... | 34 |
| Figura 18. Máxima densidad seca del suelo con adición de ceniza | 35 |
| Figura 19. Óptimo contenido de humedad del suelo con adición de ceniza | 35 |
| Figura 20. CBR del suelo con adición de ceniza..... | 36 |
| Figura 21. Comparación de contenido de humedad con y sin adición de ceniza..... | 37 |
| Figura 22. Comparación del porcentaje de grava con y sin adición de ceniza..... | 37 |
| Figura 23. Comparación del porcentaje de arena con y sin adición de ceniza..... | 38 |
| Figura 24. Comparación del porcentaje de finos con y sin adición de ceniza | 38 |
| Figura 25 . Comparación del límite líquido con y sin adición de ceniza | 39 |
| Figura 26. Comparación del límite plástico con y sin adición de ceniza | 39 |
| Figura 27. Comparación del índice de plasticidad con y sin adición de ceniza..... | 40 |
| Figura 28 . Comparación de la máxima densidad seca con y sin adición de ceniza | 40 |
| Figura 29. Comparación del óptimo contenido de humedad con y sin adición de ceniza | 41 |
| Figura 30. Comparación del CBR con y sin adición de ceniza..... | 41 |
| Figura 31. Elaboración de calicata N° 01 | 136 |
| Figura 32. Elaboración de calicata N° 02..... | 136 |
| Figura 33. Elaboración de calicatas N° 04 | 137 |

| | |
|---|-----|
| Figura 34. Elaboración de calicatas N° 05 | 137 |
| Figura 35. Pesado de la muestra de la calicata N° 01 | 139 |
| Figura 36. Pesado de la muestra de la calicata N° 03 | 139 |
| Figura 37. Pesado de la muestra de la calicata N° 04 | 140 |
| Figura 38. Colocación de la muestra de suelo en el horno de la calicata N° 01 | 140 |
| Figura 39. Análisis granulométrico de la calicata N° 01..... | 142 |
| Figura 40. Análisis granulométrico de la calicata N° 02..... | 142 |
| Figura 41. Análisis granulométrico de la calicata N° 03..... | 143 |
| Figura 42. Análisis granulométrico de la calicata N° 04..... | 143 |
| Figura 43. Límites de Atterberg de la muestra de suelo de la calicata N° 01 | 145 |
| Figura 44. Límites de Atterberg de la muestra de suelo de la calicata N° 02 | 145 |
| Figura 45. Límites de Atterberg de la muestra de suelo de la calicata N° 03 | 146 |
| Figura 46. Límites de Atterberg de la muestra de suelo de la calicata N° 04 | 146 |
| Figura 47. Ensayo de Proctor modificado calicata N° 4 | 148 |
| Figura 48. Ensayo de Proctor modificado calicata N° 5 | 148 |
| Figura 49. Ensayo de CBR muestra N° 4..... | 150 |
| Figura 50. Ensayo de CBR muestra N° 5..... | 150 |

Resumen

El suelo que predomina en la ciudad de San Ignacio es arcilloso, lo cual afecta las estructuras como los pavimentos que se cimientan sobre estos suelos, sino se realizan los mejoramientos necesarios, ante ello en la presente investigación se planteó como objetivo determinar cuánto mejora la subrasante al adicionar ceniza de cáscara de arroz en la pavimentación de la avenida Aviación, distrito y provincia de San Ignacio, Cajamarca, según la metodología utilizada fue de tipo cuantitativa y diseño experimental. Como resultados se obtuvo que el tipo de suelo predominante es SC según la clasificación SUCS y A-6(1) según ASSHTO, el porcentaje de mejoramiento con la adición de este tipo de cenizas es de 2.35%, 5.16% y 7.98% con las adiciones de 2%, 4% y 5%. Se concluye el porcentaje de adición con el que se logra mejores resultados de CBR es con el 5% que mejora el suelo en un 7.98% con respecto a la muestra de suelo natural, se recomienda aplicar al suelo no solo cenizas de materiales orgánicos, sino también algún líquido de algún producto que genere contaminación como los aceites residuales para establecer mayor punto de comparación entre estos productos o la combinación de ambos.

Palabras clave: Subrasante, ceniza, cáscara de arroz, suelos, pavimento

Abstract

The soil that predominates in the city of San Ignacio is clay, which affects the structures such as the pavements that are founded on these soils, if the necessary improvements are not made, therefore in this research the objective was to determine how much the subgrade improves. When adding rice husk ash to the paving of Aviación Avenue, district and province of San Ignacio, Cajamarca, according to the methodology used, it was quantitative and experimental in design. As results, it was obtained that the predominant soil type is SC according to the SUCS classification and A-6(1) according to ASSHTO, the percentage of improvement with the addition of this type of ash is 2.35%, 5.16% and 7.98% with the additions of 2%, 4% and 5%. It is concluded that the addition percentage with which the best CBR results are achieved is with 5%, which improves the soil by 7.98% with respect to the natural soil sample. It is recommended to apply to the soil not only ashes from organic materials, but also also some liquid from a product that generates pollution such as residual oils to establish a greater point of comparison between these products or the combination of both.

Keywords: Subgrade, ash, rice husk, soils, pavement

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Selección del problema

El suelo expansivo tiene una resistencia al corte muy baja cuando está húmedo y una gran hinchazón y características de contracción, debido a esto, es uno de los tipos más problemáticos principalmente en la construcción de carreteras que dañan el suelo cada año en todo el mundo, lo que resulta en una enorme pérdida de ingresos anuales (Kishor et al., 2021). Los problemas asociados con la construcción en suelos colapsables, expansivos o compresibles han sido bien documentados, en respuesta, se han desarrollado diferentes métodos de mitigación a lo largo de los años, uno de estos métodos ampliamente utilizado y estudiado es la estabilización química (Adeyanju et al., 2020). La durabilidad y calidad de un pavimento dependen de la resistencia y propiedades mecánicas de su subrasante, porque esta capa del suelo cumple la función de cimentación. Así, en el caso de la arcilla, que no tiene la resistencia adecuada, por lo que deben ser estabilizadas o mejoradas mediante métodos que sean económicos y que favorezcan el cuidado del medio ambiente (Ormeño et al., 2020).

Las construcciones sobre subrasantes arcillosas son en algunos casos no recomendables debido a la inadecuada capacidad portante de este tipo de suelo para soportar las cargas de tránsito transmitidas por la estructura de un pavimento (Escobar et al., 2021). La actividad industrial en la agricultura trae consigo innumerables tipos de residuos que muchas veces son eliminados de forma incorrecta y sin darles un adecuado aprovechamiento, un caso muy notorio es en la producción de arroz para usos comestibles; donde la cáscara de arroz, resultante del proceso de pilado (separación del grano de arroz de la cáscara), es un residuo cuya disposición final se hace cada vez más difícil y costosa porque cada vez va creciendo más con el pasar del tiempo, debido al aumento de la industria productora de arroz (Montejo et al., 2020). Una de las primeras actividades económicas del Perú es la agricultura, se producen cerca de 3 millones de toneladas del cultivo de arroz cada año, que aporta unas 900 mil toneladas de cascarilla de arroz. Por cada 1000 kg de arroz molido, se producen unos 300 kg (30%) de cascarilla de arroz, y cuando se quema, unos 45 kg (15%) de ceniza de cascarilla de arroz (RHA) se genera contaminación ambiental (Hidalgo et al., 2020).

La ciudad de San Ignacio por lo general presenta suelos muy arcillosos, por lo que las diferentes estructuras que se construyen en esta ciudad deben realizar algún tipo de mejoramiento en el suelo, en los casos que no se realiza este mejoramiento adecuado, específicamente en obras de pavimentación, es notoria la presencia de fallas o daños en los pavimentos debido entre las causas al tipo de suelo de la subrasante. Por otro lado, se tiene que

en ciudades cercanas a esta ciudad se produce el arroz, los que luego de pillar este producto quema su cáscara y no se le da un segundo uso, lo que genera contaminación ambiental; es por ello que en la presente investigación se mejora el suelo de la subrasante para pavimentación de avenida Aviación, usando este residuo orgánico.

1.1.2. Formulación interrogativa del problema

¿Cuánto mejora la subrasante al adicionar ceniza de cáscara de arroz, en la pavimentación de la avenida Aviación, distrito y provincia de San Ignacio, Cajamarca?

1.1.3. Justificación de la investigación

La justificación técnica de la presente investigación radica en que adicionando ceniza de cáscara de arroz se mejora las propiedades del suelo de la subrasante, principalmente reduciendo su plasticidad y con ello se pueda contar con una alternativa ecológica y económica para mejoramiento del suelo y ser utilizado en el diseño del pavimento de la avenida Aviación en la ciudad de San Ignacio, en la región Cajamarca.

Ambientalmente se justifica porque al utilizar las cenizas de cáscara de arroz se evita que estas cenizas contaminen el medio ambiente y a la vez comparando con un estabilizador químico como el cemento se evita este material y por lo tanto se reduce en una pequeña cantidad la explotación de canteras para la producción de cemento.

Metodológicamente se justifica porque el procedimiento o método de aplicación de este tipo de estabilizante alternativo y ecológico para suelos, es similar a la aplicación de cemento, por su parecido en su forma y textura.

1.1.4. Limitaciones

La presente investigación fue realizada en la avenida Aviación, se elaboraron calicatas para la extracción de muestras de suelo de acuerdo a lo establecido en la normativa correspondiente, luego de ello, a la muestra de suelo más desfavorable se le adicionó ceniza de cáscara de arroz en porcentajes de 2%, 4% y 5% para mejorar sus propiedades, lo que servirá para ser tomada en cuenta para realizar el diseño del pavimento en esta importante vía de la ciudad de San Ignacio.

Una de las limitaciones que se tuvo durante el desarrollo de actividades y estudios de la presente investigación es que la calicata no siempre fue elaborada en la progresiva exacta que corresponda debido a que puede existen tuberías del sistema de agua y alcantarillado.

Los porcentajes elegidos obedecen a porcentajes similares utilizados en las investigaciones citadas en los antecedentes, en ellos se indica que con estos porcentajes se alcanza óptimos resultados y con mayores a estos el suelo no presenta plasticidad.

1.2. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Determinar cuánto mejora la subrasante al adicionar ceniza de cáscara de arroz en la pavimentación de la avenida Aviación, distrito y provincia de San Ignacio, Cajamarca.

1.5.2. Objetivos específicos

- a)** Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante sin adición de ceniza de cáscara de arroz para la pavimentación de la avenida Aviación, distrito y provincia de San Ignacio, Cajamarca.
- b)** Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante adicionando 2%, 4% y 5% de ceniza de cáscara de arroz para la pavimentación de la avenida Aviación, distrito y provincia de San Ignacio, Cajamarca.
- c)** Determinar la capacidad de soporte (CBR) del suelo de la subrasante sin adición de ceniza de cáscara de arroz para la pavimentación de la avenida Aviación, distrito y provincia de San Ignacio, Cajamarca.
- d)** Determinar la capacidad de soporte (CBR) del suelo de la subrasante adicionando 2%, 4% y 5% de ceniza de cáscara de arroz para la pavimentación de la avenida Aviación, distrito y provincia de San Ignacio, Cajamarca.
- e)** Comparar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante con la adición de 2%, 4% y 5% de ceniza de cáscara de arroz para la pavimentación de la avenida Aviación, distrito y provincia de San Ignacio, Cajamarca.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos

2.1.1. Internacionales

Andaluz (2022) en su investigación realizada en Ecuador, titulada “Estudio del efecto de la ceniza de cáscara de arroz en las propiedades físico-mecánicas en suelos finos de subrasante”, planteó como objetivo analizar el efecto de la CCA sobre las propiedades en suelos finos de subrasante; se adicionó 0%, 1%, 3%, 5% y 8% de esta ceniza. Como resultados obtuvo en un rango del 0% al 8% incrementando la ceniza, la capacidad portante CBR de las muestras analizadas de suelos de subrasante incrementa los valores: en el sector de Santa Isabel del 7.80% al 12.10%, en el sector de Fátima del 8.60% al 13.20%, y en el sector de Veracruz del 8.40% al 13.50%; concluyó que el CBR aumentó para todas las adiciones, pero al realizar el análisis económico, el costo se incrementó en 26.41% con respecto a la muestra sin adición.

Calderón y Aponte (2020) en su tesis desarrollada en Colombia, titulada “Evaluación del comportamiento de la resistencia de un suelo limoso con adición de CCA”, plantearon como objetivo evaluar el comportamiento de la resistencia del suelo arcilloso, con adición de esta ceniza; se adicionó el 12%. Como resultados obtuvieron que respecto al CBR la óptima humedad es de 15.4%, resistencia incofinada con adición al compactarla con 12 golpes alcanzó una resistencia de 0.00112648 kg/cm² y una deformación de 11.2 cm a 10.781 cm, con 25 golpes una resistencia de 0.001325841 kg/cm² y una deformación de 11.267 cm a 11.009 cm; concluyeron que la CCA produce un mejoramiento del suelo gracias a sus propiedades, pero depende de la compactación para obtener unas resistencias adecuadas.

Moreno y Forero (2020) en su estudio realizado en Girardot – Colombia, denominado “Evaluación del comportamiento físico-mecánico de la resistencia de un suelo arcilloso con CCA”, plantearon como objetivo evaluar y analizar el comportamiento físico- mecánico de un suelo virgen y un suelo modificado con CCA. Como resultados obtuvo 0.7% de gravas, 16,2% de arena y 83,1% de finos; Proctor modificado sin adición una densidad a 1,79 gr/cm³ en relación con una humedad óptima del 16,25%, el suelo modificado con la ceniza una humedad óptima del 11,8% con una densidad de 1,76 gr/cm³ y de los ensayos de compresión incofinada, se identifica que la muestra de suelo sin adición con la compactación de 56 golpes se obtuvo una resistencia máxima de corte 0,0126 kg/cm² determinando del estudio con la muestra cenizas de cascarilla de arroz teniendo una resistencia máxima al corte de 0,01024 kg/cm²; concluyeron que la cascarilla de arroz en este caso aporta la absorción y drenaje del agua.

2.1.2. Nacionales

Carrasco (2022) en su investigación realizada en Pampas de Hospital, Tumbes, titulada “Estabilización de la subrasante adicionando CCA en diseño del pavimento rígido en pampas de hospital”, planteó como objetivo determinar si la adición de la CCA, influye en la estabilización de la subrasante, se utilizaron muestras de suelo incorporando porcentajes de 6% y 10%. Como resultados obtuvo que respecto a las calicatas se tenía un LL de 46.75% y al agregarse el 10% de C.C.A. el L.L fue de 35.06%, el CBR paso de 5.5 a 9.1 obteniendo una mejora de 3.6% en su CBR. Llegando a la conclusión que la incidencia de este tipo de ceniza como estabilizador del suelo, consigue mejorar notablemente conforme a sus respectivos resultados estableciendo que mejora su capacidad portante del suelo transformándolo en un suelo óptimo para utilizarlo como subrasante y en esta subrasante diseñar pavimento.

García (2022) en su tesis desarrollada en Samuel Pastor – Arequipa, titulada “Mejoramiento de la subrasante mediante CCA”, planteó como objetivo determinar si al añadir esta ceniza se tiene como aporte el mejoramiento en el suelo de la subrasante, se utilizó ceniza en combinaciones de 10%. Como resultados obtuvo que se incrementó de 2% en el óptimo contenido de humedad de 13.9% de suelo natural a 15.9% en la combinación de 90% de suelo natural más 10% de CCA y respecto al CBR al 95% de suelo natural tiene una resistencia de 12.3% comparando con la combinación de 90% de suelo natural más 10% de CCA en el CBR al 95% nos da una resistencia de 26.1% en una penetración de 0.1”, logrando el incremento de la resistencia de 13.8%. Concluyó que el uso de estas cenizas como material estabilizante de suelos arcillosos brinda buenos resultados.

López (2021) en su estudio realizado en Moyobamba, titulado “Estabilización de suelos arcillosos aplicando CCA para el mejoramiento de subrasante”, planteó como objetivo determinar la influencia de la incorporación de este tipo de cenizas como estabilizante del suelo arcilloso a nivel de subrasante; se realizaron ensayos estandarizados de mecánica de suelos, tales como Análisis Granulométrico, Límites de Atterberg, Proctor Modificado y California Bearing Ratio (CBR) con combinaciones de ceniza de cáscara de arroz (CCA) de 5%, 10% y 15%. Como resultados del ensayo de CBR la resistencia obtenida al 95% de la Máxima Densidad Seca del suelo natural es de 3,96%, añadiendo el 5% de CCA la resistencia es de 6,90%, con 10% de CCA es de 9,60% y para el 15% de CCA es de 10,5 %. Llegando a la conclusión que el uso de ceniza de cáscara de arroz (CCA) como material estabilizante de suelos arcillosos brinda buenos resultados.

2.1.3. Locales

Quispe y Quispe (2022) en su tesis realizada en Jaén, titulada “Estabilización de suelos arcillosos de subrasante adicionando ceniza de arroz y café para obras viales”, plantearon como objetivo determinar cuál es la influencia de la adición de cenizas de arroz y café en la estabilización de suelos arcillosos de subrasante, fue de tipo aplicada y diseño experimental. Como resultados obtuvieron que con el 5% el CBR incrementa de 622 %, con respecto al suelo natural, pasando el valor de CBR de 2.70% a 19.50%; al aumentar la dosificación de cenizas al 20 %, se incrementó de 974% con respecto al suelo natural, ya que el CBR alcanza un valor de 29%. Concluyeron que la adición de cenizas de arroz y café a suelos arcillosos de subrasante logran su estabilización para uso en obras viales, recomendaron considerar los productos probados en esta tesis para estabilizar suelos arcillosos, asegurando así en mayor medida la estabilidad y vida útil de la ingeniería vial. (Quispe Chuquicusma & Quispe Olivera, 2022)

Banda y Paz (2021) en su investigación desarrollada en Cutervo, titulada “Estabilización de suelos adicionando ceniza de paja de Pino”, planteó como objetivo evaluar la estabilización de suelos adicionando la ceniza mencionada, fue de tipo básica y diseño experimental. Como resultados obtuvieron que al adicionar esta ceniza se logró reducir el índice de plasticidad, empleándose el 5%, 10% y 15% y se logra también mejorar el CBR alcanzando en el análisis estadístico un $p = 0.01$ lo cual representa una diferencia altamente significativa. Concluyeron que estas cenizas contienen propiedades que muestran un comportamiento con alguna similitud a la del cemento con propiedades siguientes: SiO₂ en un 45.20 %, Ca O en un 19.83 %, Al₂ O₃ en un 12.09 % Fe₂ O₃ en un 7.32 %, K₂O 2.98 % Ti O 2.11 %, Sr O 1,16 %, Cu O 0.33 %, SO₂ 0.065 % Zn O 0.048 %, Mn O 0.008 % y una pérdida al fuego de 8.86 %, siendo el SiO₂, el CaO y Al₂ los principales agentes que aportan a la densificación.

Vilchez (2019) en su tesis desarrollada en Jaén, titulada “Aplicación de ceniza de cascara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la vía de Evitamiento”, planteó como objetivo determinar como la ceniza de cascara de arroz estabiliza la subrasante d, su metodología fue de tipo aplicada y diseño experimental. Como resultados se obtuvo que la ceniza de cascara de arroz es efectivo como agente estabilizante para suelo subrasante, con la primera mezcla de 3%, produjo un CBR que era aceptable de acuerdo con los estándares actuales del MTC, y con (5% y 10%) se incrementaba más. Concluyó que al agregar un porcentaje de ceniza de cascara de arroz a partir del 3%, se puede estabilizar la subrasante de la vía de Evitamiento, recomendó seguir las investigaciones con otros tipos de suelos por ejemplo CH, MH o SL (SUCS), lo que dará una más amplia visión de la influencia de la ceniza de cascara de arroz en otro tipo de suelos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Ceniza de cáscara de arroz (CCA)

La ceniza de cáscara de arroz obtenida de la cascarilla de arroz bajo condiciones de combustión controladas se ha empleado como material para obtener sílice de característica amorfa y poder ser utilizada como puzolana, la cual actúa como fuente de fases mineralógicas como los silicatos tricálcicos y bicálcicos (C3S y C2S) del cemento (Mattey et al., 2015).

La ceniza de cáscara de arroz se analiza como un ente estabilizador, lo que permitirá aumentar la diversidad de materiales para la estabilización de suelos (Ramal et al., 2020). Al ser quemado, alrededor del 20% de la cáscara se transforma en ceniza con una estructura celular porosa, alta superficie específica (50 a 100 m² /g) y alto contenido de sílice. La composición química de la ceniza de arroz depende de la temperatura y tiempo de ignición, pero las variaciones de los elementos son poco significativas. (Giaccio et al., 2017).

2.2.2. Propiedades del suelo

a) Granulometría

Representa la distribución de los tamaños que posee el suelo mediante el tamizado según especificaciones técnicas a partir de la cual se puede estimar con mayor o menor aproximación las demás propiedades, el análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificarlos en función de su tamaño.

Tabla 1

Clasificación de suelos según tamaño de partículas

| Tipo de material | Tamaño de las partículas |
|-------------------------|---------------------------------|
| Grava | 75 mm – 4.75 mm |
| Arena | Arena gruesa 4.75 mm – 2.00 mm |
| | Arena media 2.00 mm – 0.425 mm |
| | Arena fina 0.425 mm – 0.075 mm |
| Material fino | Limo 0.075 mm – 0.005 mm |
| | Arcilla Menor a 0.005mm |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

b) Contenido de humedad

Según el (MTC, 2016), “este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos”.

c) Plasticidad

Propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. (MTC, 2014).

El Límite líquido (LL) el suelo cambia de un estado semiplástico a un estado plástico y puede moldearse (MTC, 2014).

Límite Plástico (LP) el suelo cambia de un estado plástico a un estado semisólido y se quiebra (MTC, 2014).

Índice de Plasticidad la diferencia entre el LL y el LP, señala la importancia del intervalo de humedades en la cual el suelo tiene consistencia plástica y tolera clasificar un suelo (MTC, 2014).

Tabla 2

Clasificación de suelos según índice de plasticidad

| Índice de plasticidad | Plasticidad | Característica |
|------------------------------|--------------------|---------------------------|
| IP > 20 | Alta | Suelos muy arcillosos |
| IP ≤ 20 | Media | Suelos arcillosos |
| IP > 7 | | |
| IP < 7 | Baja | Suelos poco arcillosos |
| IP = 0 | No plástico (NP) | Suelos exentos de arcilla |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

d) Proctor modificado

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 o 152,4 mm (4 o 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³)). (MTC, 2016).

e) CBR

Para determinar el índice de resistencia del suelo, el procedimiento del ensayo en laboratorio para hallar el valor de soporte, este ensayo es conocido, como CBR (California Bearing Ratio). Este ensayo se ejecuta habitualmente sobre un suelo preparado en el laboratorio en determinadas condiciones de humedad y densidad; empero también puede ejecutarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno (MTC, 2016).

Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible (MTC, 2016). El CBR de un suelo es el valor de soporte o resistencia del suelo que estará referido al 95% de su MDS y a una penetración de carga de 2.54mm, el CBR es el parámetro más utilizado para dimensionar pavimentos flexibles en países tropicales (Yato et al., 2019).

Tabla 3

Categorías de sub rasante

| Categorías de sub rasante | CBR |
|---|------------------|
| S ₀ : Sub rasante inadecuada | CBR < 3% |
| S ₁ : Sub rasante insuficiente | 3% >= CBR < 6% |
| S ₂ : Sub rasante regular | 6% >= CBR < 10% |
| S ₃ : Sub rasante buena | 10% >= CBR < 20% |
| S ₄ : Sub rasante muy buena | 20% >= CBR < 30% |
| S ₅ : Sub rasante excelente | CBR >= 30% |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

2.2.3. Sub rasante

Se consideran como materiales aptos para las capas de la sub rasante a suelos con CBR mayor de 6%, en caso de ser menor, se procederá a la estabilización de los suelos, para lo cual se analizarán alternativas de solución, de acuerdo a la naturaleza del suelo, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geosintéticos, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la más conveniente técnica y económica.

2.2.4. Mejoramiento de la subrasante

El mejoramiento de suelos se refiere a la mejora de las propiedades físicas del suelo mediante procesos mecánicos o adición de productos naturales, sintéticos o químicos. Estas estabilizaciones, comúnmente se efectúan en los suelos de subrasante inadecuada o pobre, estos casos son conocidas como estabilizaciones suelo cal, suelo asfalto, suelo cemento y otras diversas composiciones

En el caso de las subrasantes mejoradas, se emplean típicamente materiales como: cal, arena, fibra de coco, escoria granulada de alto horno y cenizas volantes, para la estabilización del suelo, el tipo de materiales mejoran los valores del índice CBR, lo que conlleva a una mejora de sus propiedades mecánicas (Subhradeep y Monowar, 2021).

“La estabilización de subrasante para la construcción de carreteras, es la mayor preocupación hoy en día debido al crecimiento y desarrollo de los pueblos” (Daud et al., 2019).

2.2.5. Ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo

Muestreo de suelos MTC E 101

Deben obtenerse muestras representativas de suelo o roca, o de ambos, de cada material que sea necesario para la investigación. El tamaño y tipo de la muestra requerida, depende de los ensayos que se vayan a efectuar y del porcentaje de partículas gruesas en la muestra, y las limitaciones del equipo de ensayo a ser usado (MTC, 2016).

El tamaño de las muestras alteradas, en bruto, puede variar a criterio del responsable de la investigación, pero se sugiere las siguientes cantidades:

Clasificación visual: 0,50 kg – 50 – 500 g.

Análisis granulométrico y constantes de suelos no granulares: 0,50 a 2,5 kg.

Ensayo de compactación y granulometría de suelo-agregado granular: 20 - 40 kg.

Producción de agregados o ensayo de propiedades de agregados: 50 - 200 kg.

Reducción de muestras de campo a tamaños de muestras de ensayo MTC E 103

La reducción de muestras se obtiene mediante los siguientes tres métodos:

Método A: Cuarteador mecánico

Método B: Cuarteo

Método C: Pilas cónicas (agregado fino húmedo)

Análisis granulométrico de suelos por tamizado MTC E 107

En la operación de tamizado manual se mueve el tamiz o tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla. Debe comprobarse al desmontar los tamices que la operación está terminada; esto se sabe cuándo no pasa más del 1 % de la parte retenida al tamizar durante un minuto, operando cada tamiz individualmente. Si quedan partículas apresadas en la malla, deben separarse con un pincel o cepillo y reunir las con lo retenido en el tamiz. Cuando se utilice una tamizadora mecánica, se pondrá a funcionar por diez minutos aproximadamente, el resultado se puede verificar usando el método manual. Se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0,1 %. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso, inicial de la muestra no debe diferir en más de 1 % (MTC, 2016).

Determinación del contenido de humedad de un suelo MTC E108

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).

Seleccionar especímenes de ensayo representativos, colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición, determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza (véase 4.1.2 de este ensayo) seleccionada de acuerdo al peso del espécimen y registrar este valor (MTC, 2016).

Determinación del límite líquido de los suelos MTC E 110

Colocar una porción del suelo preparado, en la copa del dispositivo de límite líquido en el punto en que la copa descansa sobre la base, presionándola, y esparciéndola en la copa hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm en su punto más profundo, formando una superficie aproximadamente horizontal. Tener cuidado en no dejar burbujas de aire atrapadas en la pasta con el menor número de pasadas de espátula como sea posible. Mantener el suelo no usado en el plato de mezclado. Cubrir el plato de mezclado con un paño húmedo (o por otro medio) para retener la humedad en la muestra (MTC, 2016).

Determinación del límite plástico e índice de plasticidad MTC E 111

Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros. Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer un elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro. El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo: En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños. Porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108 (MTC, 2016).

$$IP = LL - LP$$

Donde:

L.L. = Límite Líquido

P.L. = Límite Plástico

L.L. y L.P., son números enteros

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

La subrasante al adicionar ceniza de cáscara de arroz mejora en más del 5% las propiedades de suelo en la pavimentación de la avenida Aviación, distrito y provincia de San Ignacio, Cajamarca.

3.2. Variables

3.2.1. Variable independiente:

Ceniza de cáscara de arroz al 2%, 4% y 5%

3.2.2. Variable dependiente:

Propiedades físico mecánicas del suelo de subrasante

3.3. Metodología

3.2.1. Tipo de estudio

Aplicada, porque la investigación ha sido realizada con el suelo obtenido de la avenida Aviación de la ciudad de San Ignacio, con la finalidad de agregar porcentajes de ceniza y mejorar sus propiedades del suelo a nivel de subrasante y pueda ser tomado en cuenta estos resultados para la pavimentación de esta importante avenida.

Descriptiva correlacional, porque los resultados han sido obtenidos y determinados mediante las normas correspondientes a cada característica del suelo, estos resultados a su vez han sido comparados con los obtenidos en otras investigaciones con la finalidad de obtener similitudes y diferencias entre resultados de acuerdo a las condiciones del suelo estudiados.

Transversal, porque los procedimientos realizados para la obtención de cada uno de los resultados han sido realizados durante un tiempo determinado y en las condiciones climáticas de la ciudad de San Ignacio para el muestreo de suelo y en condiciones controladas bajo procedimientos de las normas técnicas los ensayos en un laboratorio particular de la ciudad de Jaén.

3.2.2. Diseño

Cuantitativo, porque los resultados obtenidos sobre el mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas del suelo de la subrasante con fines de pavimentación en la avenida Aviación, distrito y provincia San Ignacio, Cajamarca, adicionando ceniza de cáscara de arroz, son valores numéricos y valores porcentuales de variación con respecto a los diferentes porcentajes de adición de este tipo de ceniza con respecto a la muestra de suelo sin ningún porcentaje de adición.

Experimental, porque se manipulan las variables de estudio con la finalidad de conseguir mejoras, en este caso se adicionó diferentes porcentajes de ceniza de cáscara de arroz para obtener mejoras en las propiedades físico – mecánicas del suelo de la subrasante con fines de pavimentación en la avenida Aviación, San Ignacio, Cajamarca.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población de la presente investigación está conformada por las muestras de suelo de la subrasante de las calles de la ciudad de San Ignacio, en la región Cajamarca.

3.4.2. Muestra

La muestra de la presente investigación está conformada por los suelos de cinco calicatas de la subrasante de la avenida Aviación de la ciudad de San Ignacio, Cajamarca, en la siguiente tabla.

Tabla 4

Tratamientos con ceniza de cáscara de arroz por calicata

| N° de calicata | Tratamientos con ceniza de cáscara de arroz |
|-----------------------|--|
| 1 | 0% |
| 2 | 0% |
| 3 | 0% |
| 4 | 0%, 2%, 4% y 5% |
| 5 | 0% |
| Total | 3 |

3.5. Método de investigación

El método aplicado es el deductivo, porque luego de realizar todos los ensayos correspondientes en campo y laboratorio en el que se adicionó porcentajes de ceniza de cáscara de arroz para mejorar las propiedades del suelo, se puede deducir que esta ceniza logra mejorar estas propiedades del suelo para fines de pavimentación de la avenida Aviación, San Ignacio, Cajamarca.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

La observación directa, mediante la cual se pudo determinar y registrar de manera ordenada el porcentaje de mejoramiento de la ceniza de cáscara de arroz sobre las propiedades físico – mecánicas del suelo de la subrasante de la avenida Aviación, en la ciudad de San Ignacio.

También se utilizará como técnica la revisión documental, porque todos los ensayos para determinar las características del suelo a nivel de subrasante han sido realizados en base a normas que establecen los procedimientos.

3.6.2. Instrumentos

Fichas de evaluación y control, que para esta investigación fueron los formatos con los que cuenta el laboratorio de suelos debidamente registrado en INDECOPI y con los respectivos certificados de calibración de equipos empleados, para la realización de los siguientes ensayos: Contenido de Humedad según lo establecido en la norma MTC E 108, Análisis granulométrico según lo establecido en la norma MTC E 107, límite líquido según lo establecido en la norma MTC E 110, límite plástico e índice de plasticidad según la norma MTC E 111, Proctor según la norma MTC E 115 y CBR según la norma MTC E 132.

3.7. Métodos de análisis de datos

Se aplicó la estadística descriptiva, se utilizó el software Excel, con el que se han elaborado tablas y figuras estadísticas para su interpretación respectiva de los que se han realizado las respectivas conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de datos

4.1.1. Propiedades físicas y mecánicas del suelo de la subrasante sin adición de ceniza

Con los resultados de las propiedades físicas y mecánicas del suelo de la subrasante de la avenida aviación, distrito y provincia San Ignacio, Cajamarca, como resultados se presentan en las siguientes tablas y figuras; mientras que, los resultados de laboratorio de estas propiedades de la muestra de suelo de cada una de las cinco calicatas elaboradas se presentan en los anexos.

Tabla 5

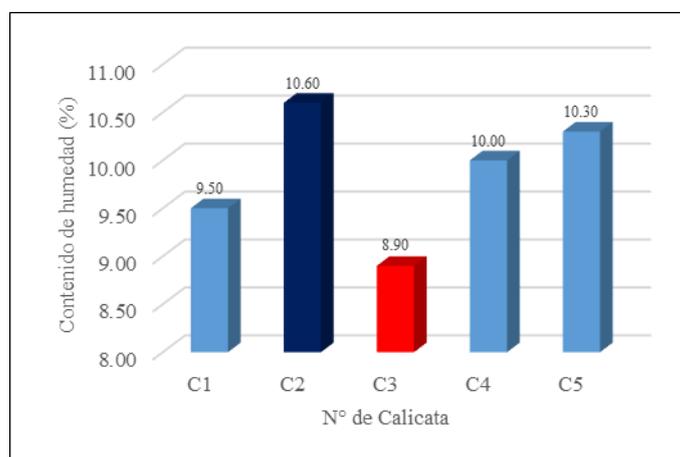
Propiedades físicas y mecánicas del suelo de la subrasante sin adicción de ceniza

| N° Calicata | Humedad (%) | Análisis granulométrico | | | Límites de consistencia | | | Clasificación | |
|----------------|-------------|-------------------------|---------|---------|-------------------------|-------|------|---------------|--------|
| | | % Grava | % Arena | % Finos | L. L. | L. P. | I P. | SUCCS | AASHTO |
| C1 | 9.50 | 23.43 | 38.70 | 37.87 | 12 | 4 | 8 | SC | A-6(1) |
| C2 | 10.60 | 26.92 | 35.84 | 37.24 | 10 | 4 | 6 | SM-SC | A-4(0) |
| C3 | 8.90 | 11.13 | 49.49 | 39.38 | 11 | 7 | 4 | SM | A-4(0) |
| C4 | 10.00 | 23.09 | 40.55 | 36.36 | 12 | 2 | 10 | SC | A-6(1) |
| C5 | 10.30 | 24.81 | 41.22 | 33.97 | 13 | 3 | 10 | SC | A-6(1) |

Nota: En la tabla 5, se muestra el resumen de las características del suelo de la subrasante, en donde se indica el número de calicata y los resultados obtenidos de las características de cada una de ellas como: contenido de humedad, fracción de grava, fracción de arenas y fracción de finos como parte del ensayo de análisis granulométrico, límites de consistencia (LL, LP e IP); así mismo se presenta la clasificación tanto SUCCS como AASHTO de acuerdo a las características del suelo de cada calicata.

Figura 1

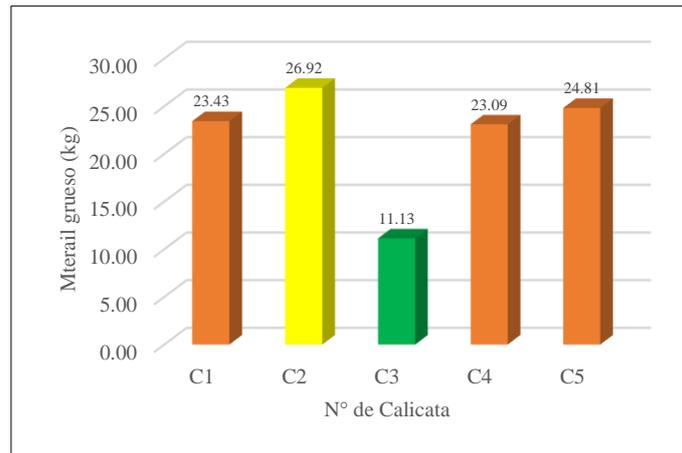
Contenido de humedad del suelo sin adición de ceniza



Nota: En la figura 1, las barras representan el contenido de humedad promedio obtenido del suelo de las cinco calicatas elaboradas para la presente investigación, se observa que el menor contenido de humedad se obtuvo de la calicata N° 3 con un valor promedio de 8.90%; mientras que, el contenido de humedad más alto se obtuvo del suelo de la calicata N° 2 con un valor promedio de 10.60%.

Figura 2

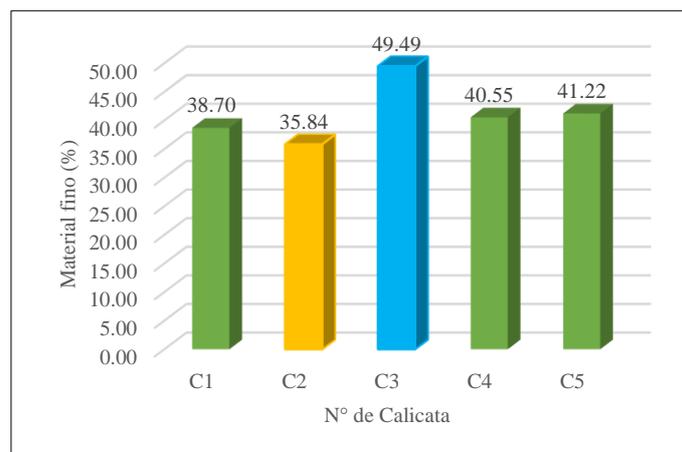
Fracción de grava del suelo sin adición de ceniza



Nota: En la figura 2, las barras representan la fracción de grava que presenta el suelo de las cinco calicatas estudiadas, como parte de los resultados del ensayo de análisis granulométrico, los resultados muestran que en la calicata N° 3 se obtuvo la menor cantidad de fracción de grava con un valor de 11.1%. y en la calicata N° 2 la mayor cantidad de fracción de grava con una cantidad total de 26.92%.

Figura 3

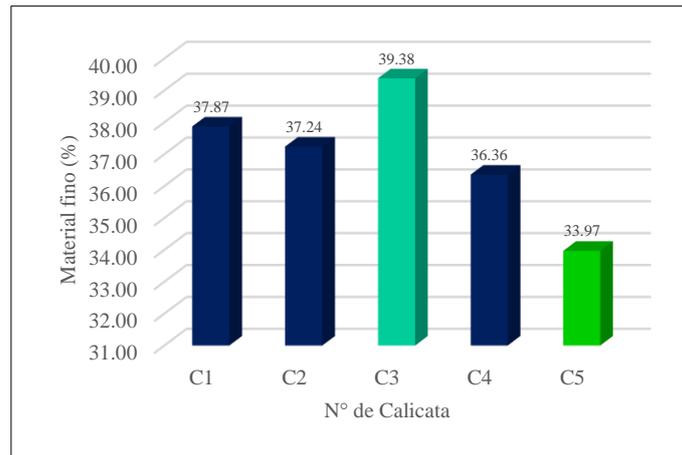
Fracción de arena del suelo sin adición de ceniza



Nota: En la figura 3, las barras representan la fracción de arena que presenta el suelo de las cinco calicatas estudiadas, como parte de los resultados del ensayo de análisis granulométrico, según los resultados muestran que en la calicata N° 2 se obtuvo la menor cantidad de fracción de arena con un valor de 35.84%. y en la calicata N° 3 la mayor cantidad de fracción de arena con una cantidad total de 49.49%.

Figura 4

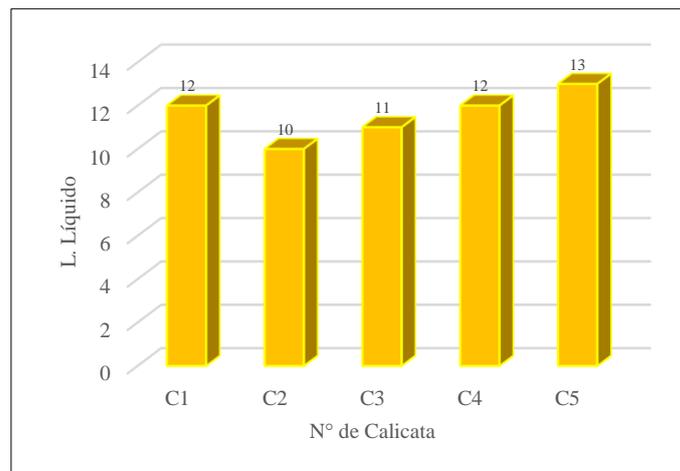
Fracción de finos del suelo sin adición de ceniza



Nota: En la figura 4, las barras representan la fracción de finos que presenta el suelo de las cinco calicatas estudiadas, como parte de los resultados del ensayo de análisis granulométrico, muestran que en la calicata N° 5 se obtuvo la menor cantidad de fracción de finos con un valor de 33.97%. y en la calicata N° 3 la mayor cantidad de fracción de finos con una cantidad total de 39.38%.

Figura 5

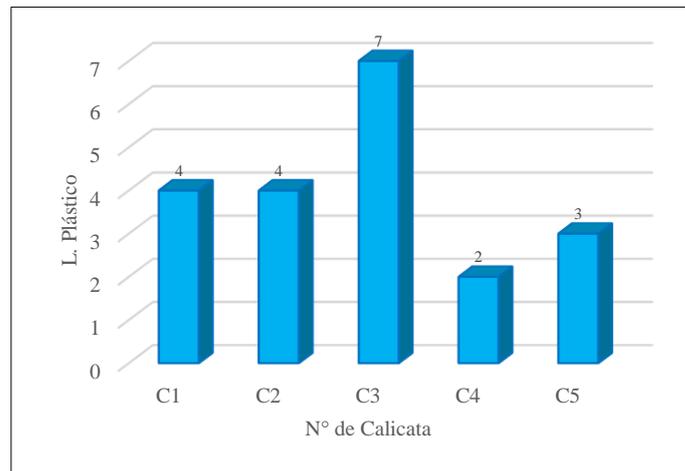
Límite líquido del suelo sin adición de ceniza



Nota: En la figura 5, las barras representan el LL que presenta el suelo de las cinco calicatas estudiadas, según los resultados muestran que en la calicata N° 2 se obtuvo el menor LL con un valor de 10 y en la calicata N° 5 se obtuvo un límite líquido más altos con un valor de 13.

Figura 6

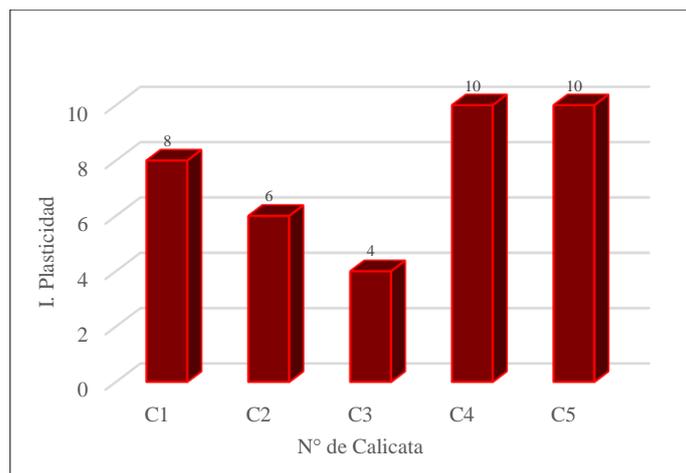
Límite plástico del suelo sin adición de ceniza



Nota: En la figura 6, las barras representan el LP que presenta el suelo de las cinco calicatas estudiadas, resultados muestran que en la calicata N° 4 se obtuvo el menor LP con un valor de 2 y en las calicatas N° 3 el límite plástico más alto con un valor de 7.

Figura 7

Índice de plasticidad del suelo sin adición de ceniza



Nota: En la figura 7, cada barra representa el IP que presenta el suelo de las cinco calicatas estudiadas, según los resultados muestran que en la calicata N° 3 alcanzó el menor IP con un valor de 4 y en la calicata N° 5 un IP más alto con un valor de 10.

4.1.2. Propiedades físicas y mecánicas del suelo de la subrasante con adición de ceniza

Tabla 6

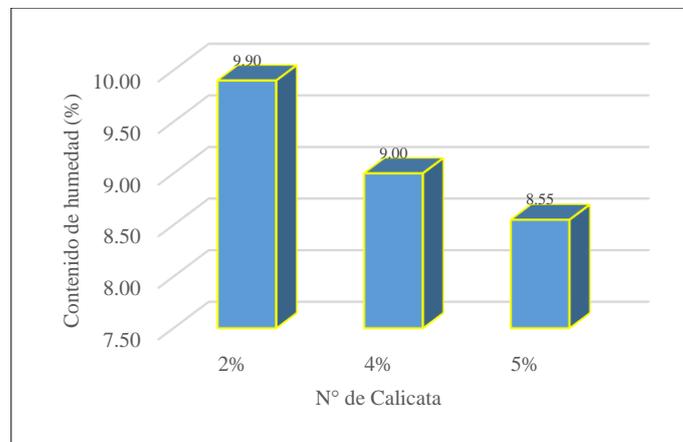
Propiedades físicas y mecánicas del suelo de la subrasante con adicción de ceniza

| % de adición | Humedad | Análisis granulométrico | | | Límites de consistencia | | | Clasificación | |
|--------------|---------|-------------------------|---------|---------|-------------------------|-------|------|---------------|--------|
| | | % Grava | % Arena | % Finos | L. L. | L. P. | I P. | SUCCS | AASHTO |
| 2% | 9.90 | 23.19 | 39.07 | 37.74 | 12 | 2 | 10 | SC | A-6(1) |
| 4% | 9.00 | 25.15 | 30.34 | 44.51 | 12 | 4 | 8 | SC | A-6(1) |
| 5% | 8.50 | 25.69 | 32.34 | 41.97 | 11 | 4 | 7 | SC | A-6(1) |

Nota: En la tabla 6, se presentan los resultados de las propiedades físicas y mecánicas del suelo de la subrasante con adición de 2%, 4% y 5% de ceniza de cáscara de arroz.

Figura 8

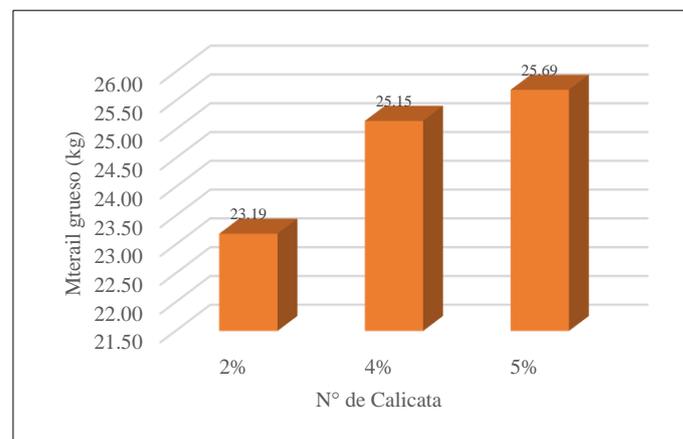
Contenido de humedad del suelo con adición de ceniza



Nota: En la figura 8, se presenta el contenido de humedad del suelo con adición de ceniza de cáscara de arroz, los resultados indican que a medida que se incrementa el porcentaje de adición el contenido de humedad disminuye, alcanzando el valor más alto con la adición del 2% con una humedad de 9.90% y el más bajo con la adición de 5% con una humedad de 8.55%.

Figura 9

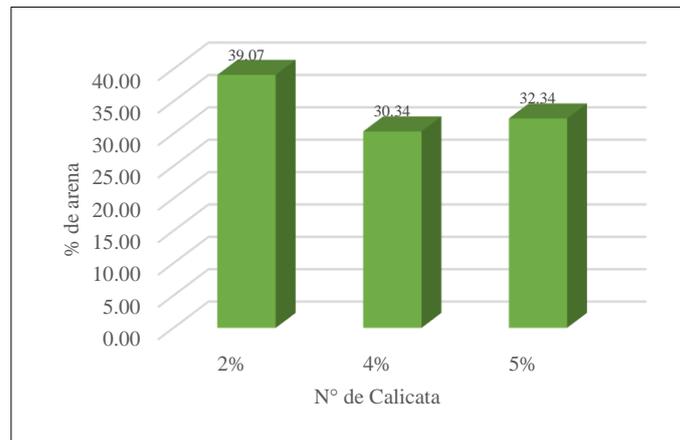
Porcentaje de grava del suelo con adición de ceniza



Nota: En la figura 9, se presenta el porcentaje de grava del suelo con adición de ceniza de cáscara de arroz, los resultados indican que el menor contenido de gravas fue alcanzado con la adición de 2% de ceniza con un 23.19% de gravas y la mayor cantidad con la adición de 5% con un 25.69% de grava.

Figura 10

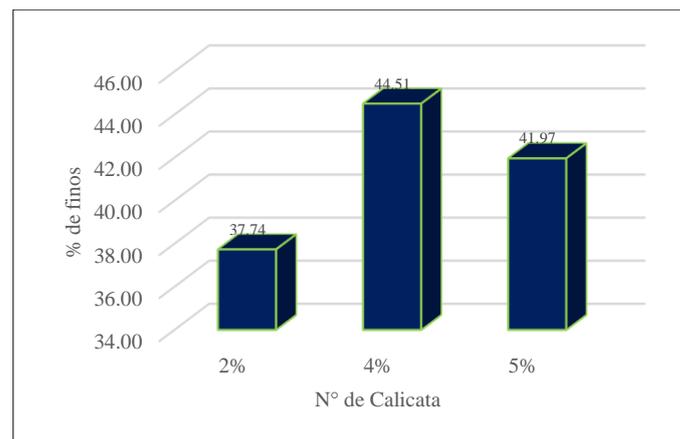
Porcentaje de arena del suelo con adición de ceniza



Nota: En la figura 10, se presenta el porcentaje de arena del suelo con adición de ceniza de cáscara de arroz, los resultados indican que el menor contenido de arenas fue alcanzado con la adición de 4% de ceniza con un 30.34% de arena y la mayor cantidad con la adición de 2% con un 39.07% de arena.

Figura 11

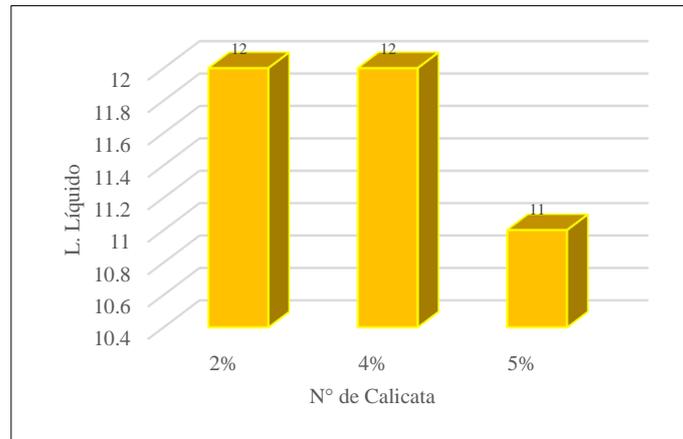
Porcentaje de finos del suelo con adición de ceniza



Nota: En la figura 11, se presenta el porcentaje de finos del suelo con adición de ceniza de cáscara de arroz, los resultados indican que el menor contenido de finos fue alcanzado con la adición de 2% de ceniza con un 37.74% de finos y la mayor cantidad con la adición de 4% con un 44.51% de finos.

Figura 12

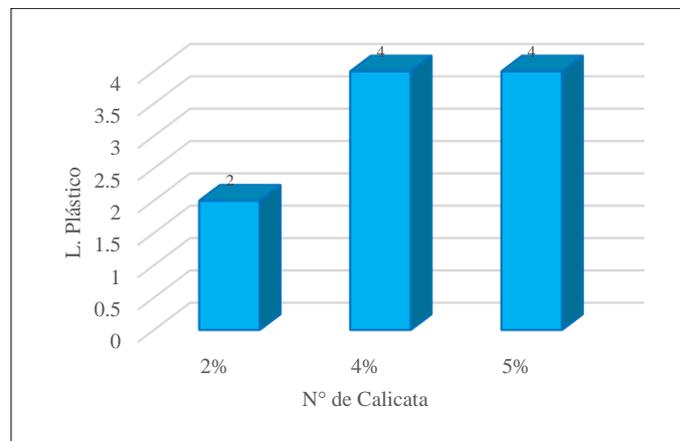
Límite líquido del suelo con adición de ceniza



Nota: En la figura 12, se presenta el límite líquido del suelo con adición de ceniza de cáscara de arroz, los resultados indican que el mayor del límite líquido fue alcanzado con la adición de 2% y 4% de ceniza con un valor de 12 y el menor con la adición de 5% con un valor de 11.

Figura 13

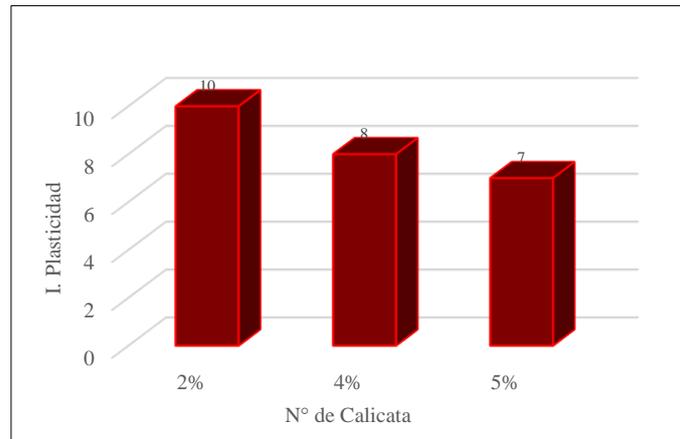
Límite plástico del suelo con adición de ceniza



Nota: En la figura 13, se presenta el límite plástico del suelo con adición de ceniza de cáscara de arroz, los resultados indican que el mayor del límite plástico fue alcanzado con la adición de 4% y 5% de ceniza con un valor de 4 y el menor con la adición de 2% con un valor de 2.

Figura 14

Índice de plasticidad del suelo con adición de ceniza



Nota: En la figura 14, se presenta el índice de plasticidad del suelo con adición de ceniza de cáscara de arroz, los resultados indican que el menor del índice de plasticidad fue alcanzado con la adición de 5% de ceniza con un valor de 7 y el mayor con la adición de 2% con un valor de 10.

4.1.3. Proctor y CBR sin adición de ceniza

Tabla 7

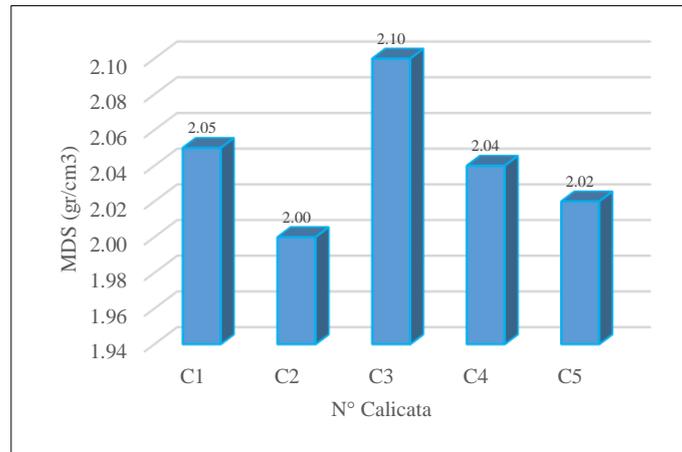
Proctor del suelo de la subrasante sin adicción de ceniza

| Nº de Calicata | Máxima Densidad Seca (gr/cm ³) | Óptimo contenido de humedad (%) |
|----------------|--|---------------------------------|
| C1 | 2.05 | 9.85 |
| C2 | 2.00 | 10.88 |
| C3 | 2.10 | 9.15 |
| C4 | 2.04 | 10.22 |
| C5 | 2.02 | 10.75 |

Nota: En la tabla 7, se presentan los resultados del ensayo de Proctor modificado sin la adición de ningún porcentaje de ceniza de cascara de arroz, se presenta la máxima densidad seca (MDS) y el óptimo contenido de humedad (OCH).

Figura 15

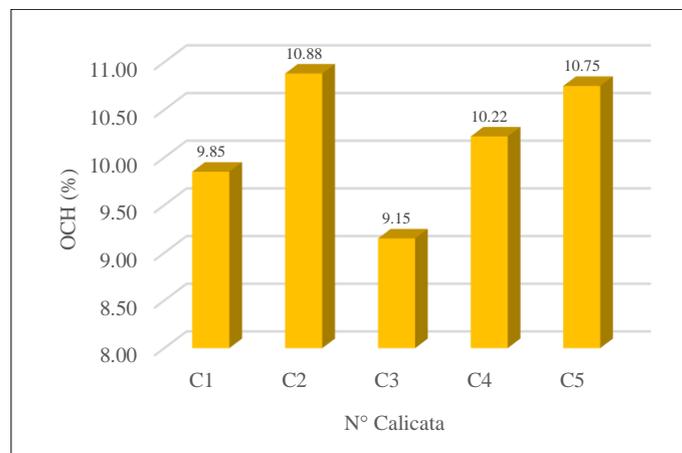
Máxima densidad seca del suelo sin adicción de ceniza



Nota: En la figura 15, se presenta la máxima densidad seca del suelo sin la adición de ceniza de cáscara de arroz, se muestra que el mayor valor de la MDS del suelo fue de la calicata N° 3 en la que alcanzó un valor de 2.10gr/cm³ y el menor valor fue de la calicata N° 2 en la que se alcanzó un valor de 2.00gr/cm³.

Figura 16

Óptimo contenido de humedad del suelo sin adicción de ceniza



Nota: En la figura 16, se presenta el óptimo contenido de humedad del suelo sin la adición de ceniza de cáscara de arroz, los resultados indican que el mayor valor del OCH del suelo fue de la calicata N° 2 en la que alcanzó un valor de 10.88% y el menor valor fue de la calicata N° 3 en la que se alcanzó un valor de 9.15gr/cm³.

Tabla 8

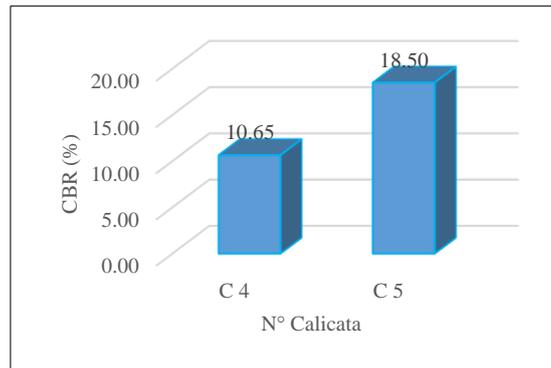
CBR del suelo de la subrasante sin adicción de ceniza

| N° de Calicata | CBR (%) | Clasificación |
|----------------|---------|-------------------|
| C 4 | 10.65 | Sub rasante buena |
| C 5 | 18.50 | Sub rasante buena |

Nota: En la tabla 8, se presenta los resultados del ensayo de CBR realizado al suelo de las calicatas 4 y 5, sin ningún porcentaje de adición de ceniza. Con estos resultados se puede determinar que el suelo de la calicata 4 es el menos favorable, por lo que a este suelo se adicionó la ceniza de cáscara de arroz con la finalidad de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas y así lograr una subrasante mejor.

Figura 17

CBR del suelo sin adicción de ceniza



Nota: En la figura 17, se presentan los resultados del CBR obtenido en cada calicata estudiada, se muestra que el CBR del suelo de la calicata N° 4 fue de 10.65% y de la calicata N° 5 fue de 18.50%.

4.1.4. Proctor y CBR con adición de ceniza

Tabla 9

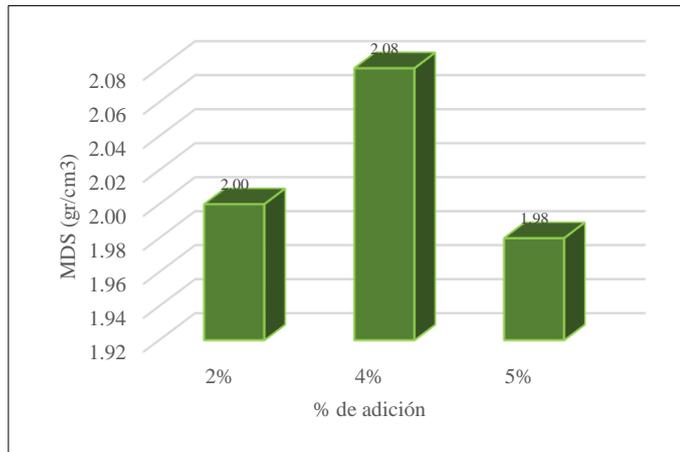
Proctor del suelo de la subrasante con adicción de ceniza

| % de adición de ceniza | N° de Calicata | Máxima Densidad Seca (gr/cm ³) | Óptimo contenido de humedad (%) |
|------------------------|----------------|--|---------------------------------|
| 2% | C 4 | 2.00 | 10.82 |
| 4% | C 4 | 2.08 | 9.30 |
| 5% | C 4 | 1.98 | 10.31 |

Nota: En la tabla 9, se presentan los resultados del ensayo de Proctor modificado con la adición de 2%, 4% y 5% de ceniza de cascara de arroz, se presenta la máxima densidad seca (MDS) y el óptimo contenido de humedad (OCH).

Figura 18

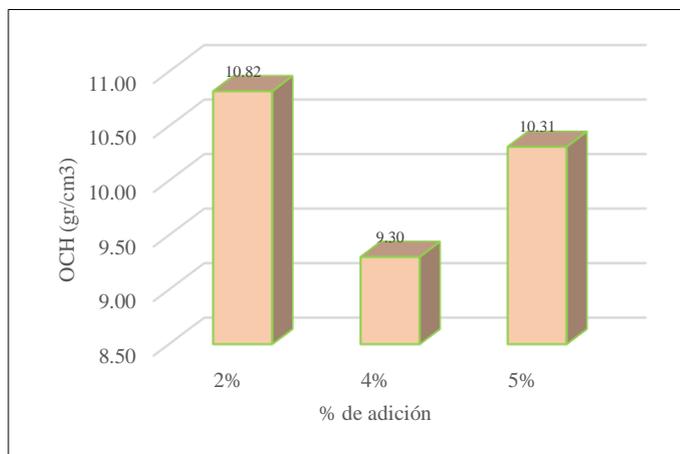
Máxima densidad seca del suelo con adicción de ceniza



Nota: En la figura 18, se presenta la máxima densidad seca del suelo con la adicción de ceniza de cáscara de arroz, se muestra que el mayor valor de la MDS del suelo se obtuvo con la adicción del 4% de ceniza, con un valor de 2.08gr/cm³ y el menor valor fue alcanzado con el 5% de adicción, con un valor de 1.98gr/cm³.

Figura 19

Óptimo contenido de humedad del suelo con adicción de ceniza



Nota: En la figura 19, se presenta el óptimo contenido de humedad del suelo con la adicción de ceniza de cáscara de arroz, se muestra que el mayor valor de la OCH del suelo se obtuvo con la adicción del 2% de ceniza, con un valor de 10.82% y el menor valor fue alcanzado con el 4% de adicción, con un valor de 9.30%.

Tabla 10

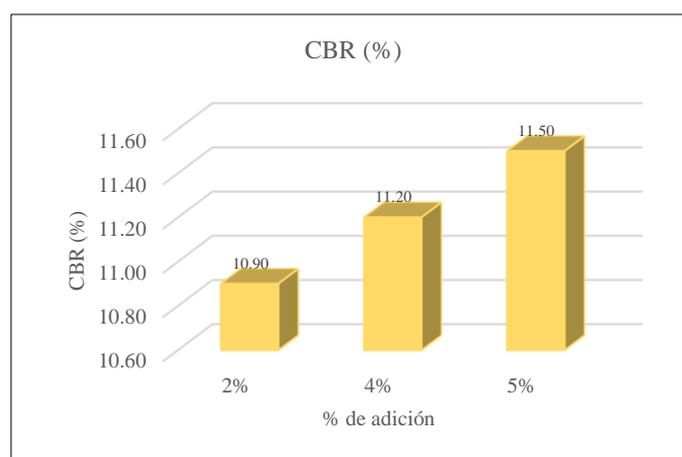
CBR del suelo con la adición de ceniza

| % de adición de ceniza | N° de Calicata | CBR (%) | Diferencia con respecto a 0% | % de mejoramiento | Clasificación |
|-------------------------------|-----------------------|----------------|-------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| 2% | C 4 | 10.90 | 0.25 | 2.35 | Sub rasante buena |
| 4% | C 4 | 11.20 | 0.55 | 5.16 | Sub rasante buena |
| 5% | C 4 | 11.50 | 0.85 | 7.98 | Sub rasante buena |

Nota: En la tabla 10, se muestran los resultados de los valores obtenidos para el CBR con los diferentes porcentajes de adición de ceniza, se ha elegido el suelo de la calicata N° 4 para la adición de la ceniza porque de las tres muestras estudiadas, fue la de esta calicata que alcanzó el menor valor de CBR; la tabla muestra el valor de CBR para cada adición, la diferencia que existe con respecto al suelo natural o sin adición, el porcentaje de mejoramiento y la clasificación de subrasante.

Figura 20

CBR del suelo con adición de ceniza

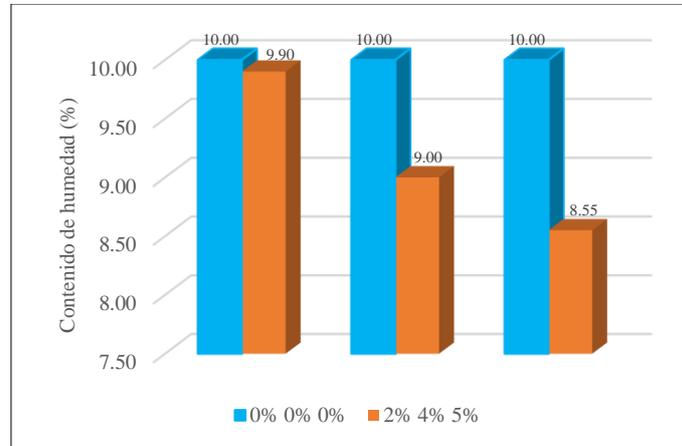


Nota: En la figura 20, se muestran los resultados obtenidos del CBR del suelo con la adición de ceniza de cáscara de arroz, los resultados muestran que el valor del CBR aumenta a medida que se incrementa la cantidad de ceniza, siendo el más bajo valor de 10.90 con el 2% de ceniza y el mayor de 11.50 con el 5% de ceniza, alcanzando con éste último porcentaje un mejoramiento de 7.98% más con respecto a la muestra de suelo sin adición.

4.1.5. Comparación de las propiedades físicas y mecánicas con adición de 2%, 4% y 5% de ceniza

Figura 21

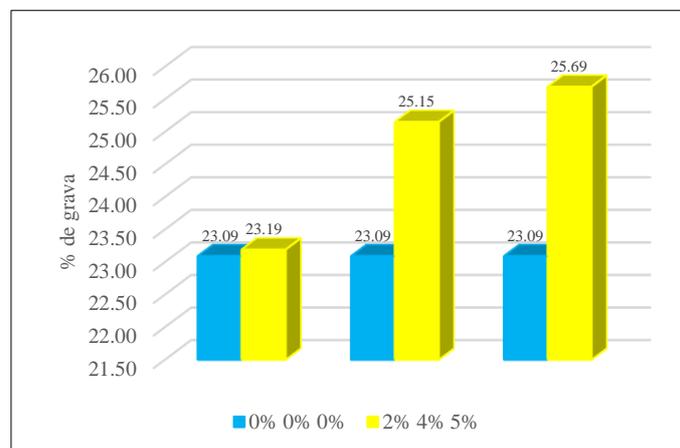
Comparación de contenido de humedad con y sin adición de ceniza



Nota: En la figura 21, las barras de color celeste representan al contenido de humedad del suelo sin adición de ceniza y las de color naranjado el contenido de humedad con adición de 2%, 4% y 5% de ceniza de cáscara de arroz, se puede observar que con la adición de 5% se mejora esta propiedad del suelo pasando de un 10.00% a 8.55%.

Figura 22

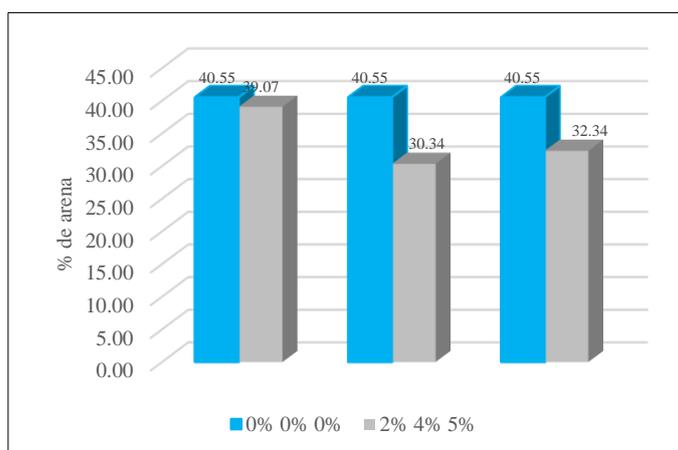
Comparación del porcentaje de grava con y sin adición de ceniza



Nota: En la figura 22, las barras de color celeste representan el porcentaje de grava del suelo sin adición de ceniza y las de color amarillo el porcentaje de grava con adición de 2%, 4% y 5% de ceniza de cáscara de arroz, se puede observar que con la adición de 5% se mejora esta propiedad del suelo pasando de un 23.09% a 25.69%.

Figura 23

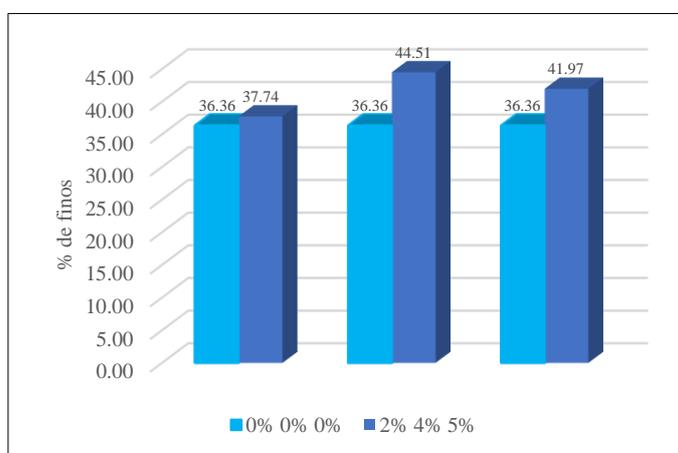
Comparación del porcentaje de arena con y sin adición de ceniza



Nota: En la figura 23, las barras de color celeste representan el porcentaje de arena del suelo sin adición de ceniza y las de color plomo el porcentaje de arena con adición de 2%, 4% y 5% de ceniza de cáscara de arroz, se puede observar que con la adición de 4% se mejora esta propiedad del suelo pasando de un 40.55% a 30.34%.

Figura 24

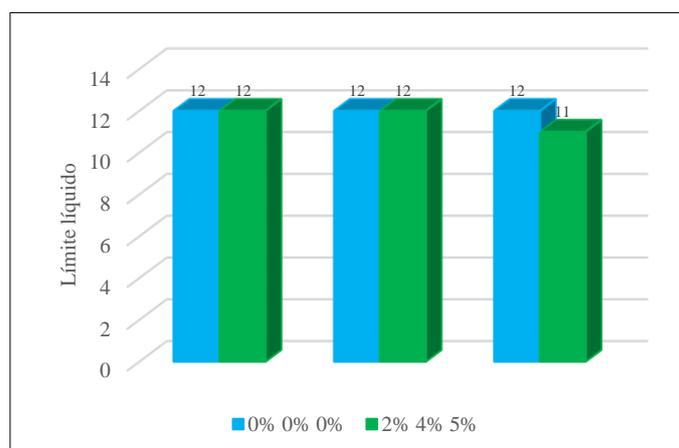
Comparación del porcentaje de finos con y sin adición de ceniza



Nota: En la figura 24, las barras de color celeste representan el porcentaje de finos del suelo sin adición de ceniza y las de color azul el porcentaje de finos con adición de 2%, 4% y 5% de ceniza de cáscara de arroz, se puede observar que con la adición de 2% se mejora esta propiedad del suelo pasando de un 36.36% a 37.74%.

Figura 25

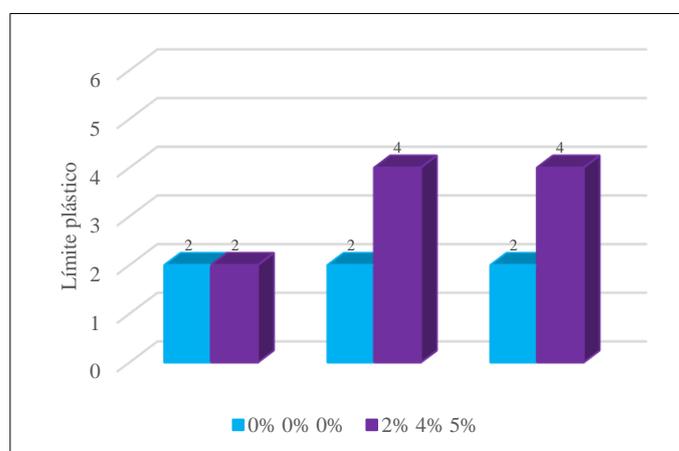
Comparación del límite líquido con y sin adición de ceniza



Nota: En la figura 25, las barras de color celeste representan el límite líquido del suelo sin adición de ceniza y las de color verde el límite líquido con adición de 2%, 4% y 5% de ceniza de cáscara de arroz, se puede observar que con la adición de 5% se mejora esta propiedad del suelo pasando de un 12 a 11.

Figura 26

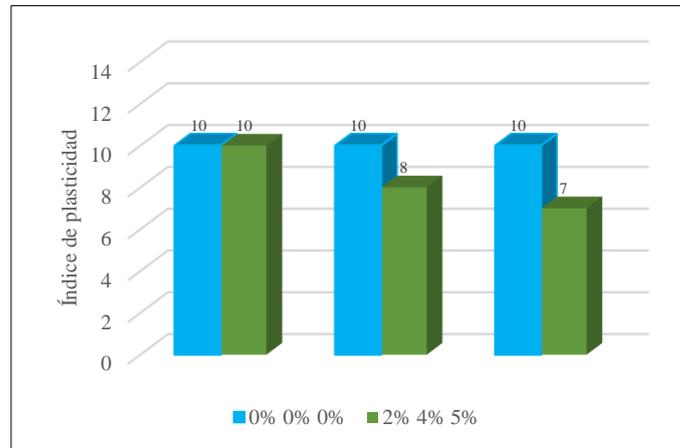
Comparación del límite plástico con y sin adición de ceniza



Nota: En la figura 26, las barras de color celeste representan el límite plástico del suelo sin adición de ceniza y las de color morado el límite plástico con adición de 2%, 4% y 5% de ceniza de cáscara de arroz, se puede observar que con la adición de 4% y 5% se mejora esta propiedad del suelo pasando de 2 a 4.

Figura 27

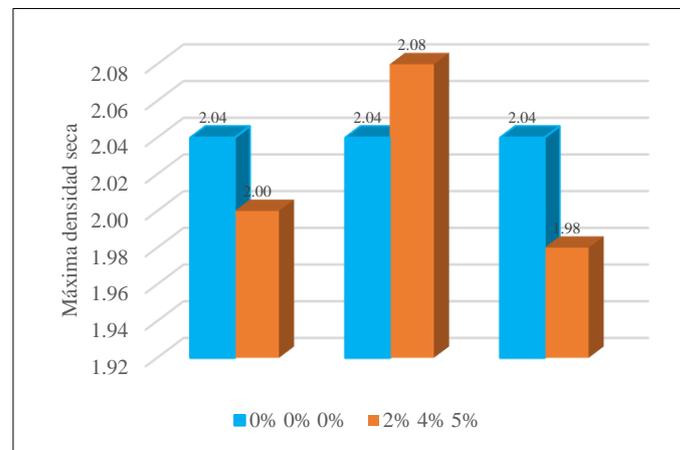
Comparación del índice de plasticidad con y sin adición de ceniza



Nota: En la figura 27, las barras de color celeste representan el índice de plasticidad del suelo sin adición de ceniza y las de color verde el índice de plasticidad con adición de 2%, 4% y 5% de ceniza de cáscara de arroz, se puede observar que con la adición de 5% se mejora esta propiedad del suelo reduciendo de 10 a 7 su plasticidad.

Figura 28

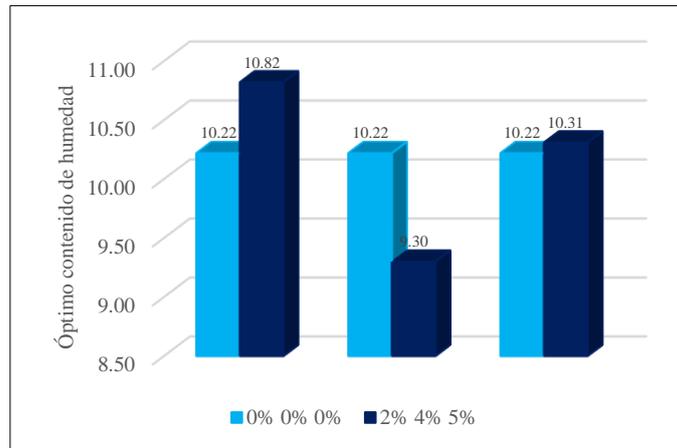
Comparación de la máxima densidad seca con y sin adición de ceniza



Nota: En la figura 28, las barras de color celeste representan la máxima densidad seca del suelo sin adición de ceniza y las de color naranjado la máxima densidad seca con adición de 2%, 4% y 5% de ceniza de cáscara de arroz, se puede observar que con la adición de 5% se mejora esta propiedad del suelo reduciendo de 2.04gr/cm³ a 1.98gr/cm³.

Figura 29

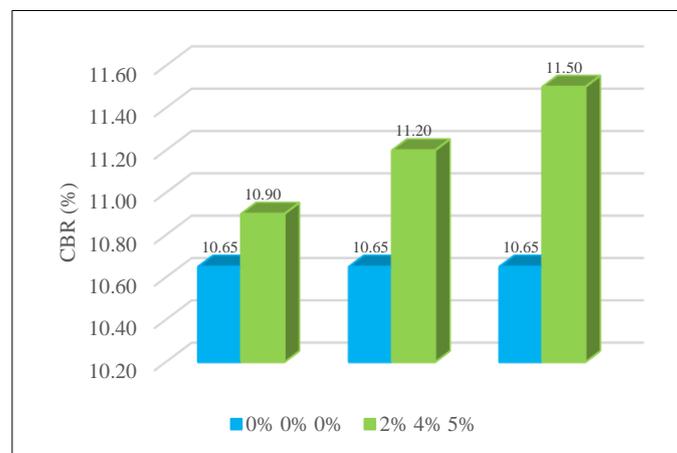
Comparación del óptimo contenido de humedad con y sin adición de ceniza



Nota: En la figura 29, las barras de color celeste representan el óptimo contenido de humedad del suelo sin adición de ceniza y las de color azul el óptimo contenido de humedad con adición de 2%, 4% y 5% de ceniza de cáscara de arroz, se puede observar que con la adición de 2% se mejora esta propiedad del suelo pasando de 10.22% a 10.82%.

Figura 30

Comparación del CBR con y sin adición de ceniza



Nota: En la figura 30, las barras de color celeste representan el CBR del suelo sin adición de ceniza y las de color verde el CBR con adición de 2%, 4% y 5% de ceniza de cáscara de arroz, se puede observar que con la adición de 5% se mejora esta propiedad del suelo pasando de 10.65% a 11.50%.

4.2. Contrastación de hipótesis

La hipótesis planteada en la presente investigación si es válida porque en ella se plantea que la adición de la ceniza de cáscara de arroz mejora más de un 5% el suelo de la subrasante de la avenida Aviación en la ciudad de San Ignacio, este valor planteado fue superado con el 4% y 5% de adición de esta ceniza con respecto al peso de la muestra de suelo.

4.3. Discusión

Comparando los resultados de las propiedades físicas y mecánicas del suelo de la subrasante de la avenida Aviación, con los obtenidos en la investigación de Moreno y Forero (2020) que obtuvieron como resultado del análisis granulométrico: 0.7% de gravas, 16,2% de arena y 83,1% de finos; Proctor modificado sin adición una densidad a 1,79 gr/cm³ en relación con una humedad óptima del 16,25%; también se compara con los resultados de Banda y Paz (2021) que obtuvieron contenidos de humedad de 24.33%, 33.52%, límite líquido de 26 y 32, límite plástico de 19 y 22, índice de plasticidad de 7 y 10, densidad seca máxima de 1.803 y 1.760, humedad óptima de 16.00% y 14.76%, clasificando el suelo como A-4 (04) para ambas muestras y por último también se compara con la investigación de Fernández y Manosalva (2022) que obtuvieron como resultados un contenido de humedad de 21.33%, índice de plasticidad de 27.75%.

Comparando los resultados de la capacidad de soporte (CBR) del suelo de la subrasante sin adición de ceniza de cáscara de arroz, con los obtenidos en la investigación realizada por Fernández y Manosalva (2022) que obtuvieron como resultado un CBR de 3.54%, también se puede comparar con la investigación de Banda y Paz (2021) en la que obtuvieron como resultados valores de CBR de 4.40% y 4.15% del suelo de las dos calicatas que estudiaron; por último también se puede comparar con los resultados de Andaluz (2022) que obtuvo como resultados valores de CBR de 7.80%, 8.60% y 8.40% del suelo de las tres calicatas que tomaron como muestra de estudio.

Comparando los resultados de la capacidad de soporte (CBR) del suelo de la subrasante adicionando 2%, 4% y 5% de ceniza de cáscara de arroz, con los obtenidos en la investigación realizada por López (2021) que obtuvo como resultados del ensayo de CBR la resistencia obtenida al 95% de la Máxima Densidad Seca del suelo natural es de 3,96%, añadiendo el 5% de CCA la resistencia es de 6,90%, con 10% de CCA es de 9,60% y para el 15% de CCA es de 10,5 %, también se puede comparar con el estudio de Quispe y Quispe (2022) que obtuvieron como resultado con el 5% el CBR incrementa de 622%, con respecto al suelo natural, pasando el valor de CBR de 2.70% a 19.50%; al aumentar la dosificación de cenizas al 20 %, se incrementó de 974% con respecto al suelo natural, ya que el CBR alcanza un valor de 29%; y por último se compara con los resultados de Garcia (2022) que obtuvo como resultados que con respecto al CBR al 95% de suelo natural tiene una resistencia de 12.3% comparando con la combinación de 90% de suelo natural más 10% de CCA en el CBR al 95% nos da una resistencia de 26.1%.

El porcentaje de mejoramiento del CBR con adición de ceniza con respecto a los resultados de CBR sin adición, se puede comparar la investigación de Andaluz (2022) que obtuvo un la capacidad de soporte CBR de las muestras analizadas de suelos de subrasante incrementa los valores: en el sector de Santa Isabel del 7.80% al 12.10%, en el sector de Fátima del 8.60% al 13.20%, y en el sector de Veracruz del 8.40% al 13.50%; también se puede compara con la investigación de Carrasco (2022) que obtuvo como resultados que el CBR paso de 5.5 a 9.1 obteniendo una mejora de 3.6% y por último también se compara con el estudio de Garcia (2022) que obtuvo como resultado que CBR al 95% de suelo natural tiene una resistencia de 12.3% comparando con la combinación de 90% de suelo natural más 10% de CCA en el CBR al 95% nos da una resistencia de 26.1%.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

De acuerdo con las características físicas y mecánicas del suelo se concluye que el tipo de suelo predominante es arcilloso debido a que su índice de plasticidad supera el valor de siete en tres de las calicatas elaboradas.

La capacidad de soporte CBR del suelo de las dos calicatas estudiadas es de 10.65% y 18.50% lo que determinan una subrasante buena.

Adicionando 2%, 4% y 5% de ceniza de cáscara de arroz al suelo de subrasante permite mejorar el CBR en un 2.35%, 5.16% y 7.98% con respecto al CBR del suelo sin ningún porcentaje de adición de estas cenizas.

Se concluye que el porcentaje de adición con el que se logra mejores resultados de CBR es con el 5% que mejora el suelo en un 7.98% con respecto a la muestra de suelo natural o sin la adición de ceniza.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar ensayos especiales como SPT y DPL para determinar las características del suelo a mayor profundidad y establecer si existe la presencia de napa freática y de esta forma se puedan tomar las precauciones necesarias para un futuro proyecto de pavimentación de esta importante vía.

Para futuras investigaciones, se recomienda realizar el estudio en suelos más inestables con subrasantes malas donde se pueda obtener CBR más bajos que clasifiquen a la subrasante como pobre o regular y de esta forma establecer si la adición de estas cenizas logra las mismas mejoras.

Adicionar otras cenizas de residuos orgánicos que exista cerca a la zona de estudio pero en porcentajes mayores a 5% y de esta forma determinar si también se logra las mismas mejoras en el suelo o si este en vez de mejorar perjudica el suelo.

Aplicar al suelo no solo cenizas de materiales orgánicos, sino también algún líquido de algún producto que genere contaminación como los aceites residuales u algún otro material para establecer mayor punto de comparación entre estos productos o la combinación de ambos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adeyanju, E., Okeke, C. A., Akinwumi, I., & Busari, A. (2020). Subgrade Stabilization using Rice Husk Ash-based Geopolymer (GRHA) and Cement Kiln Dust (CKD). *Case Studies in Construction Materials*, 13. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00388>
- Andaluz López, R. S. (2022). *Estudio del efecto de la ceniza de cáscara de arroz en las propiedades físico-mecánicas en suelos finos de subrasante*. Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/34106>
- Banda Sánchez, D. R., & Paz Castro, J. M. (2021). *Estabilización de suelos adicionando ceniza de paja de Pino en la vía carrozable Yacancate-El Ape, provincia de Cutervo-Cajamarca – 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/89892>
- Calderón Martínez, B. A., & Aponte González, C. M. (2020). *Evaluación del comportamiento de la resistencia de un suelo limoso con adición de ceniza de cascarilla de arroz*. Tesis de pregrado, Universidad Piloto de Colombia. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/7445>
- Carrasco Lozano, B. L. (2022). *Estabilización de la subrasante adicionando ceniza de cáscara de arroz en diseño del pavimento rígido en pampas de hospital, 2022*. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/99690>
- Daud, N. N., Jalil, F. A., & Albayrak, Z. K. (2019). The important aspects of subgrade stabilization for road construction. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. doi:10.1088/1757-899X/512/1/012005
- Díaz Vásquez, F. (2018). *Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv San Martin – Lonya Grande, Amazonas 2018*. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/25951>
- Escobar Sulca, J. J., Quispe Sánchez, G. D., Quispe Salazar, F. R., Arana Soto, J. B., & Huarcaya Quiquia, R. B. (2021). *Estabilización de una subrasante arcillosa de baja plasticidad con cenizas de cáscara de arroz*. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/18221>
- García Condorcallo, A. (2022). *Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en el distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022*. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/97823>
- Giaccio, G., Torrijos, M., & Zerbino, R. (2017). *Comisión de Investigación Científica*. Obtenido de Cenizas de cáscara de arroz: <https://digital.cic.gba.gob.ar/home>

- Hidalgo, F., Saavedra, J., Fernandez, C., & Duran, G. (2020). Stabilization of clayey soil for subgrade using rice husk ash (RHA) and sugarcane bagasse ash (SCBA). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. doi:doi:10.1088/1757-899X/758/1/012041
- Kishor, R., Singh, V. P., & Srivastava, R. K. (2021). Mitigation of Expansive Soil by Liquid Alkaline Activator Using Rice Husk Ash, Sugarcane Bagasse Ash for Highway Subgrade. *International Journal of Pavement Research and Technology*. doi:https://doi.org/10.1007/s42947-021-00062-w
- López Barbarán, J. (2021). *Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante, en la localidad de Moyobamba – departamento de San Martín*. Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/654616>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones *Manual de ensayo de materiales*. (2016).. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf
- Mattey, P., Robayo, R., Jherson E, D., Delvasto, S., & Monzó, J. (2015). Aplicación de ceniza de cascarilla de arroz obtenida de un proceso agro-industrial para la fabricación de bloques en concreto no estructurales. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 35(2). doi:http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_serial&pid=0255-6952&lng=es&nrm=iso
- Montejo Rodolfo, R., Raymundo Juárez, J. E., & Chávez Ancajima, J. S. (2020). Materiales alternativos para estabilizar suelos: el uso de ceniza de cáscara de arroz en vías de bajo tránsito de Piura. *12(1)*. doi:https://doi.org/10.26495/tzh.v12i1.1251
- Moreno Feria, K. J., & Forero Barrios, B. O. (2020). *Evaluación del comportamiento físico-mecánico de la resistencia de un suelo arcilloso con cenizas de cascarilla de arroz*. Tesis de pregrado, Corporación Universitaria Minuto de Dios. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10656/12045>
- Ormeño, E., Rivas, N., Duran, G., & Soto, M. (2020). Stabilization of a Subgrade Composed by Low Plasticity Clay with Rice Husk Ash. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. doi:doi:10.1088/1757-899X/758/1/012058
- Quispe Chuquicusma, H., & Quispe Olivera, A. (2022). *Estabilización de suelos arcillosos de subrasante adicionando ceniza de arroz y café para obras viales en Jaén 2022*. [Tesis

de pregrado, Universidad César Vallejo]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/110943>

- Ramal Montejo, R., José Emmanuel, R., & Jhonatan Smith, C. (2020). Materiales alternativos para estabilizar suelos: El uso de ceniza de cáscara de arroz en vías de bajo tránsito de Piura. *Revista Tzhoecoen*, 12(1), 131-140. doi:<https://doi.org/10.26495/tzh.v12i1.1251>
- Subhradeep , D., & Monowar, H. (2021). La resistencia y el comportamiento microestructural del suelo de subrasante estabilizado con cal en la construcción de carreteras. *Revista Internacional de Ingeniería Geotécnica*, 15(4), 471-483. doi:<https://doi.org/10.1080/19386362.2019.1598623>
- Vilchez Burga, A. (2019). *Aplicación de ceniza de cascara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la vía de Evitamiento Jaén- Cajamarca, 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/48455>
- Yato Katte, V., Moupe Mfoyet, S., Manefouet, B., Ludovic Wouatong, A. S., & Aleh Bezeng , L. (2019). Correlation of California Bearing Ratio (CBR) Value with Soil Properties of Road Subgrade Soil. *Geotechnical and Geological Engineering*, 37(1), 217-234. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10706-018-0604-x>

ANEXOS

Anexo 1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| VARIABLE | DEFINICIÓN | | DIMENSIONES | ÍNDICE | RECOLECCIÓN DE DATOS | | ESCALA DE MEDICIÓN |
|---|--|--|-------------------------|--------|----------------------|--------------------------------|--------------------|
| | CONCEPTUAL | OPERACIONAL | | | TÉCNICA | INSTRUMENTO | |
| Variable independiente: Ceniza de cáscara de arroz al 2%, 4% y 5% | La ceniza de cáscara de arroz obtenida de la cascarilla de arroz bajo condiciones de combustión controladas se ha empleado como material para obtener sílice de característica amorfa y poder ser utilizada como puzolana, la cual actúa como fuente de fases mineralógicas como los silicatos tricálcicos y bicálcicos (C3S y C2S) del cemento (Mattey et al., 2015). | Adicionar la ceniza en porcentajes en relación al peso del suelo para buscar mejorar sus características | 2% | gr. | Observación directa | Fichas de evaluación y control | Nominal |
| | | | 4% | gr. | Observación directa | Fichas de evaluación y control | |
| | | | 5% | gr. | Observación directa | Fichas de evaluación y control | |
| Variable dependiente: Propiedades físico – mecánicas del suelo de subrasante | Propiedades que indican la calidad del suelo y sirven para la clasificación del mismo | Los valores de estas propiedades deberán cumplir con lo establecido por las normas del MTC | Contenido de humedad | % | La observación | Guía de observación | Nominal |
| | | | Análisis granulométrico | % | La observación | Guía de observación | Nominal |
| | | | Límites de Atterberg | - | La observación | Guía de observación | Nominal |
| | | | Proctor | % | La observación | Guía de observación | Nominal |
| | | | CBR | % | La observación | Guía de observación | Nominal |

Anexo 2. MATRIZ DE CONSISTENCIA

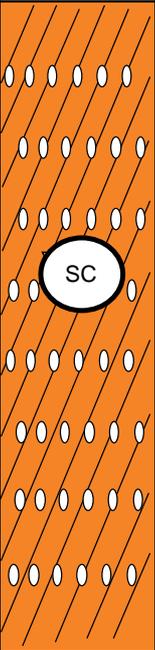
| TÍTULO | PROBLEMA | HIPÓTESIS | OBJETIVO GENERAL | TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS |
|---|--|---|---|--|---|
| “Mejoramiento de subrasante con ceniza de cáscara de arroz para pavimentación de avenida Aviación, distrito y provincia San Ignacio, Cajamarca” | La ciudad de San Ignacio por lo general presenta suelos muy arcillosos, por lo que las diferentes estructuras que se construyen en esta ciudad deben realizar algún tipo de mejoramiento en el suelo, en los casos que no se realiza este mejoramiento adecuado, específicamente en obras de pavimentación, es notoria la presencia de fallas o daños en los pavimentos debido entre las causas al tipo de suelo de la subrasante. | La subrasante al adicionar ceniza de cáscara de arroz mejora en más del 5% las propiedades de suelo en la pavimentación de la avenida Aviación, distrito y provincia de San Ignacio, Cajamarca. | Determinar cuánto mejora la subrasante al adicionar ceniza de cáscara de arroz en la pavimentación de la avenida Aviación, distrito y provincia de San Ignacio, Cajamarca. | Tipo de investigación: Cuantitativa Diseño: Experimental | Técnica. La observación Instrumento: Guía de observación |
| | FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | JUSTIFICACIÓN | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | VARIABLES Independiente: Ceniza de cáscara de arroz al 2%, 4% y 5% Dependiente: Propiedades físico – mecánicas del suelo de subrasante | MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS Estadística descriptiva |
| | ¿Cuánto mejora la subrasante al adicionar ceniza de cáscara de arroz, en la pavimentación de la avenida Aviación, distrito y provincia de San Ignacio, Cajamarca? | Adicionando ceniza de cáscara de arroz se mejoren las propiedades físico - mecánicas del suelo de la subrasante, principalmente se mejore el CBR y se reduzca la plasticidad | a) Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante sin adición de ceniza de cáscara de arroz para la pavimentación de la avenida Aviación, distrito y provincia de San Ignacio, Cajamarca. b) Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante adicionando 2%, 4% y 5% de ceniza de cáscara de arroz para la pavimentación de la avenida Aviación, distrito y provincia de San Ignacio, Cajamarca. c) Determinar la capacidad de soporte (CBR) del suelo de la subrasante sin adición de ceniza de cáscara de arroz para la pavimentación de la avenida Aviación, distrito y provincia de San Ignacio, Cajamarca. d) Determinar la capacidad de soporte (CBR) del suelo de la subrasante adicionando 2%, 4% y 5% de ceniza de cáscara de arroz para la pavimentación de la avenida Aviación, distrito y provincia de San Ignacio, Cajamarca. e) Comparar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante con la adición de 2%, 4% y 5% de ceniza de cáscara de arroz para la pavimentación de la avenida Aviación, distrito y provincia de San Ignacio, Cajamarca. | POBLACIÓN Y MUESTRA La población de la presente investigación estará conformada por las muestras de suelo de la subrasante de las calles de la ciudad de San Ignacio, en la región Cajamarca. La muestra de la presente investigación estará conformada por las muestras de suelo de cinco calicatas de la subrasante de la avenida Aviación de la ciudad de San Ignacio, en la región Cajamarca. | |

Anexo 3. PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS

Anexo 4. PERFILES ESTRATIGRAFICOS DEL SUELO

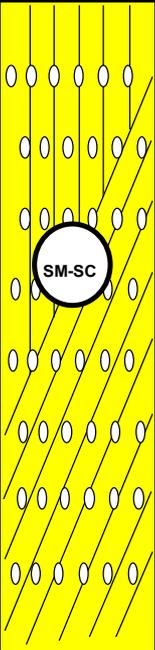
REGISTRO DE PERFORACIONES

AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ
PROYECTO TESIS: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA
UBICACION : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA
PERFORACION : C - 01 - M - 1
FECHA : 25 DE MARZO DEL 2023

| COTA (m) | PROFUNDIDAD (m) | SIMBOLO | NATURALEZA DEL TERRENO | MUESTRAS | OBSERVAC. |
|----------|-----------------|--|--|----------|-----------|
| | 0.00 |  | Material conformado por arenas arcillosas de color beige de consistencia semi suelta de mediana plasticidad. Con humedad de 9.50% . Clasificado en el Sistema AASHTO como un A - 6 (1). Limite Liquido : 12.00 Limite Plastico : 4.10 Indice Plastico : 7.90 | M - 1 | |
| | 1.50 | | | | |

REGISTRO DE PERFORACIONES

AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ
PROYECTO TESIS: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA
UBICACION : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA
PERFORACION : C - 02 - M - 1
FECHA : 25 DE MARZO DEL 2023

| COTA (m) | PROFUNDIDAD (m) | SIMBOLO | NATURALEZA DEL TERRENO | MUESTRAS | OBSERVAC. |
|----------|-----------------|--|---|----------|-----------|
| | 0.00 |  | Material conformado por arenas limosas arcillosas de color beige de consistencia semi suelta de mediana plasticidad. Con de 10.60% . Clasificado en el Sistema AASHTO como un A - 4 (0). Limite Liquido : 10.00 Limite Plastico : 3.70 Indice Plastico : 6.30 | M - 1 | |
| | 1.50 | | | | |

REGISTRO DE PERFORACIONES

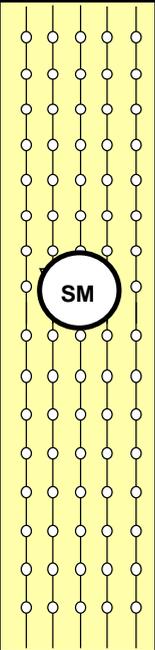
AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

PROYECTO TESIS: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

UBICACION : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

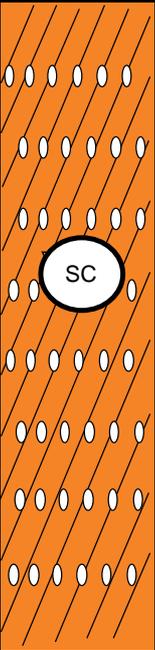
PERFORACION : C - 03 - M - 1

FECHA : 25 DE MARZO DEL 2023

| COTA (m) | PROFUNDIDAD (m) | SIMBOLO | NATURALEZA DEL TERRENO | MUESTRAS | OBSERVAC. |
|-------------|--------------------|--|---|----------|-----------|
| | 0.00 |  | Material conformado por arenas limosas de color beige de consistencia suelta de mediana a baja plasticidad. Con humedad de 8.90% . Clasificado en el Sistema AASHTO como un A - 4 (0). Limite Liquido : 11.00 Limite Plastico : 7.14 Indice Plastico : 3.86 | M - 1 | |
| | 1.50 | | | | |

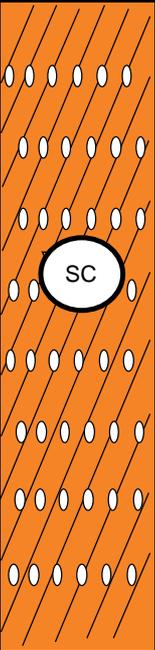
REGISTRO DE PERFORACIONES

AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ
PROYECTO TESIS: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA
UBICACION : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA
PERFORACION : C - 04 - M - 1
FECHA : 25 DE MARZO DEL 2023

| COTA (m) | PROFUNDIDAD (m) | SIMBOLO | NATURALEZA DEL TERRENO | MUESTRAS | OBSERVAC. |
|----------|-----------------|--|--|----------|-----------|
| | 0.00 |  | Material conformado por arenas arcillosas de color beige de consistencia semi suelta de mediana plasticidad. Con humedad de 10.00% . Clasificado en el Sistema AASHTO como un A - 6 (1). Limite Liquido : 12.00 Limite Plastico : 2.01 Indice Plastico : 9.99 C.B.R. AL 95 % : 10.65 C.B.R. AL 100 % : 15.10 PROCTOR MODF : 2.04 | M - 1 | |
| | 1.50 | | | | |

REGISTRO DE PERFORACIONES

AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ
PROYECTO TESIS: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA
UBICACION : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA
PERFORACION : C - 05 - M - 1
FECHA : 25 DE MARZO DEL 2023

| COTA (m) | PROFUNDIDAD (m) | SIMBOLO | NATURALEZA DEL TERRENO | MUESTRAS | OBSERVAC. |
|----------|-----------------|--|---|----------|-----------|
| | 0.00 |  | Material conformado por arenas arcillosas de color beige de consistencia semi suelta de mediana plasticidad. Con humedad de 10.30% . Clasificado en el Sistema AASHTO como un A - 6 (1). Limite Liquido : 13.00 Limite Plastico : 2.77 Indice Plastico : 10.23 C.B.R. AL 95 % : 18.50 C.B.R. AL 100 % : 26.40 PROCTOR MODF : 2.02 | M - 1 | |
| | 1.50 | | | | |

Anexo 5. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

ASTM D 2216

AUTORES : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ
PROYECTO DE TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA
UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA
CALICATA : C - 01 - M - 1
PROF. : 0.00 - 1.50 m.
FECHA : 25 DE MARZO DEL 2023

| Muestra Nº | M - 1 | M - 2 | | | | |
|-----------------------------------|--------------|--------|--|--|--|--|
| Nº Recipiente | 3 | 4 | | | | |
| 1- Peso Suelo Húmedo + Recipiente | 262.15 | 262.40 | | | | |
| 2- Peso Suelo Seco + Recipiente | 240.99 | 240.75 | | | | |
| 3- Peso del Agua | 21.16 | 21.65 | | | | |
| 4- Peso Recipiente | 15.48 | 15.64 | | | | |
| 5- Peso Suelo Seco | 225.51 | 225.11 | | | | |
| 6- Porcentaje de Humedad | 9.38% | 9.62% | | | | |
| PROMEDIO: | 9.50% | | | | | |

OBSERVACIONES:

.....

.....

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

ASTM D 2216

AUTORES : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ
PROYECTO DE TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA
UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA
CALICATA : C - 02 - M - 1
PROF. : 0.00 - 1.50 m.
FECHA : 25 DE MARZO DEL 2023

| Muestra Nº | M - 1 | M - 2 | | | | |
|-----------------------------------|---------------|--------|--|--|--|--|
| Nº Recipiente | 7 | 9 | | | | |
| 1- Peso Suelo Húmedo + Recipiente | 265.22 | 265.65 | | | | |
| 2- Peso Suelo Seco + Recipiente | 241.15 | 241.61 | | | | |
| 3- Peso del Agua | 24.07 | 24.04 | | | | |
| 4- Peso Recipiente | 15.06 | 13.42 | | | | |
| 5- Peso Suelo Seco | 226.09 | 228.19 | | | | |
| 6- Porcentaje de Humedad | 10.65% | 10.54% | | | | |
| PROMEDIO: | 10.60% | | | | | |

OBSERVACIONES:

.....

.....

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

ASTM D 2216

AUTORES : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ
PROYECTO DE TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA
UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA
CALICATA : C - 03 - M - 1
PROF. : 0.00 - 1.50 m.
FECHA : 25 DE MARZO DEL 2023

| Muestra Nº | M - 1 | M - 2 | | | | |
|-----------------------------------|--------------|--------|--|--|--|--|
| Nº Recipiente | 1 | 2 | | | | |
| 1- Peso Suelo Húmedo + Recipiente | 260.55 | 260.85 | | | | |
| 2- Peso Suelo Seco + Recipiente | 240.35 | 240.66 | | | | |
| 3- Peso del Agua | 20.20 | 20.19 | | | | |
| 4- Peso Recipiente | 12.66 | 14.28 | | | | |
| 5- Peso Suelo Seco | 227.69 | 226.38 | | | | |
| 6- Porcentaje de Humedad | 8.87% | 8.92% | | | | |
| PROMEDIO: | 8.90% | | | | | |

OBSERVACIONES:

.....

.....

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

ASTM D 2216

AUTORES : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ
PROYECTO DE TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA
UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA
CALICATA : C - 04 - M - 1
PROF. : 0.00 - 1.50 m.
FECHA : 25 DE MARZO DEL 2023

| Muestra Nº | M - 1 | M - 2 | | | | |
|-----------------------------------|---------------|--------|--|--|--|--|
| Nº Recipiente | 10 | 12 | | | | |
| 1- Peso Suelo Húmedo + Recipiente | 262.33 | 262.55 | | | | |
| 2- Peso Suelo Seco + Recipiente | 239.55 | 239.90 | | | | |
| 3- Peso del Agua | 22.78 | 22.65 | | | | |
| 4- Peso Recipiente | 12.03 | 12.99 | | | | |
| 5- Peso Suelo Seco | 227.52 | 226.91 | | | | |
| 6- Porcentaje de Humedad | 10.01% | 9.98% | | | | |
| PROMEDIO: | 10.00% | | | | | |

OBSERVACIONES:

.....

.....

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

ASTM D 2216

AUTORES : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

PROYECTO DE TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

CALICATA : C - 05 - M - 1

PROF. : 0.00 - 1.50 m.

FECHA : 25 DE MARZO DEL 2023

| Muestra Nº | M - 1 | M - 2 | | | | |
|-----------------------------------|---------------|--------|--|--|--|--|
| Nº Recipiente | 1 | 3 | | | | |
| 1- Peso Suelo Húmedo + Recipiente | 264.15 | 264.31 | | | | |
| 2- Peso Suelo Seco + Recipiente | 240.85 | 240.90 | | | | |
| 3- Peso del Agua | 23.30 | 23.41 | | | | |
| 4- Peso Recipiente | 12.66 | 15.48 | | | | |
| 5- Peso Suelo Seco | 228.19 | 225.42 | | | | |
| 6- Porcentaje de Humedad | 10.21% | 10.39% | | | | |
| PROMEDIO: | 10.30% | | | | | |

OBSERVACIONES:

.....

.....

Anexo 6. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO

NTP 339.128 (ASTM-D422)

AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

PROY. TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION
DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

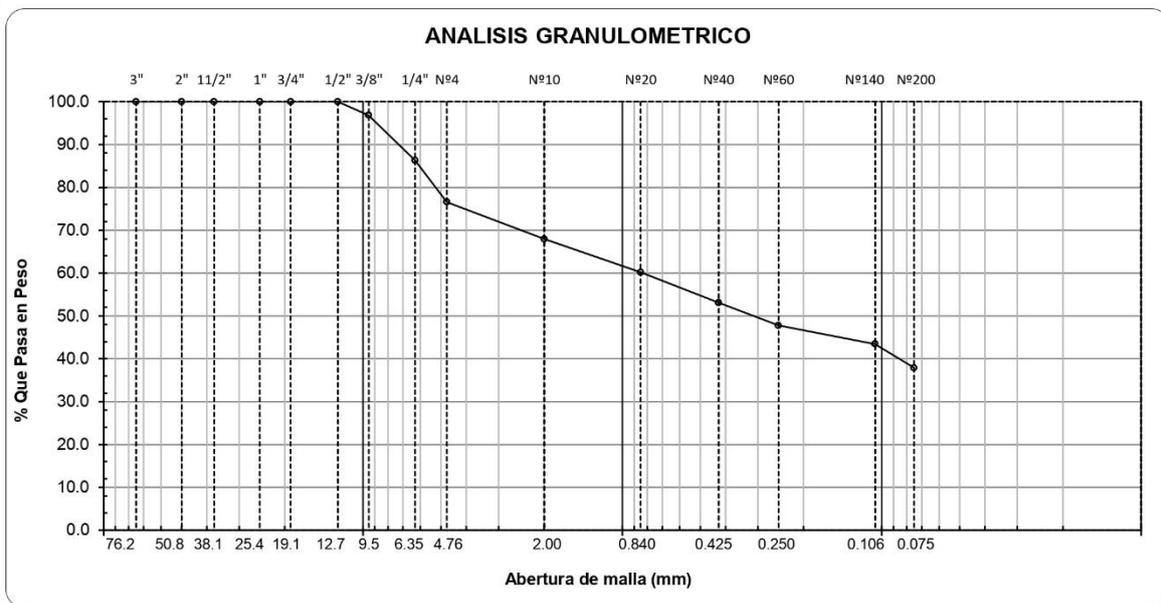
UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

CALICATA : C 01 / M 1

PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m.

FECHA : JAEN, 25 DE MARZO DEL 2023

| ABERTURA MALLA | | PESO RETENIDO | % RETENIDO PARCIAL | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|---|
| (Pul) | (mm) | | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | PESO INICIAL : 119.07 g. |
| 2" | 50.800 | | | | | PESO LAVADO : 45.10 g. |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | LIMITE LIQUIDO : 12.00 % |
| 3/4" | 19.050 | | | | | LIMITE PLASTICO : 4.13 % |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | INDICE PLASTICIDAD : 7.87 % |
| 3/8" | 9.525 | 3.75 | 3.2 | 3.2 | 96.9 | |
| 1/4" | 6.350 | 12.55 | 10.5 | 13.7 | 86.3 | CLASF. AASHTO : A - 6 (1) |
| Nº 04 | 4.760 | 11.60 | 9.7 | 23.4 | 76.6 | CLASF. SUCS : SC |
| Nº 10 | 2.000 | 10.25 | 8.6 | 32.0 | 68.0 | Descripción el Suelo |
| Nº 20 | 0.840 | 9.25 | 7.8 | 39.8 | 60.2 | Fracción de Grava = 23.43 % |
| Nº 40 | 0.425 | 8.45 | 7.1 | 46.9 | 53.1 | Fracción de Arena = 38.70 % |
| Nº 60 | 0.250 | 6.32 | 5.3 | 52.2 | 47.8 | Fracción de Finos = 37.87 % |
| Nº 100 | 0.150 | 5.15 | 4.3 | 56.6 | 43.5 | |
| Nº 200 | 0.075 | 6.65 | 5.6 | 62.1 | 37.9 | |
| < Nº 200 | FONDO | 45.10 | 37.9 | 100.0 | 0.0 | DESCRIPCION DE LA MUESTRA Arena arcillosa con grava |



Observaciones:

METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO

NTP 339.128 (ASTM-D422)

AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

PROY. TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION
DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

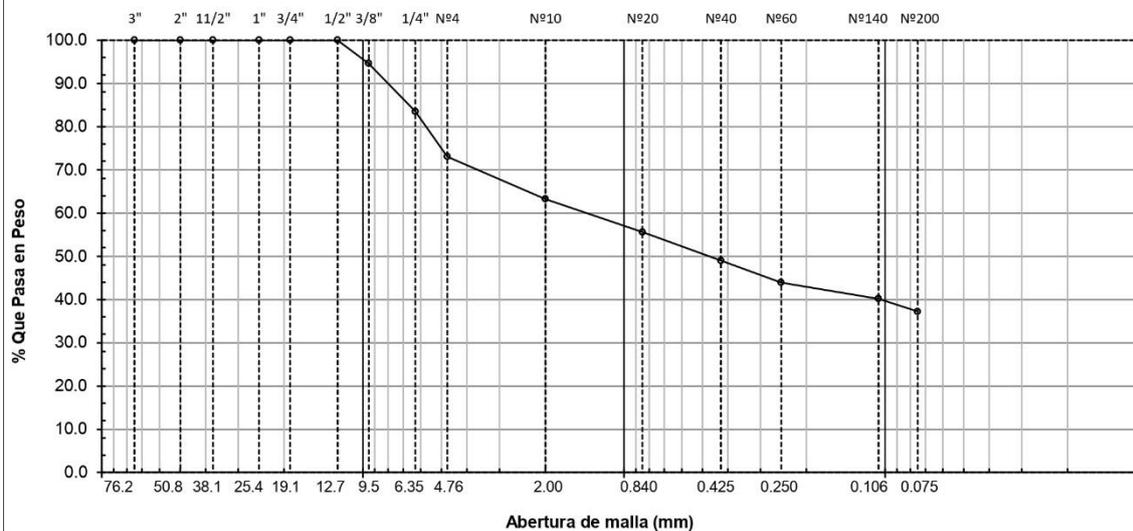
CALICATA : C - 02 / M 1

PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m.

FECHA : JAEN, 25 DE MARZO DEL 2023

| ABERTURA MALLA | | PESO RETENIDO | % RETENIDO PARCIAL | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|--|
| (Pul) | (mm) | | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | PESO INICIAL : 110.44 g. |
| 2" | 50.800 | | | | | PESO LAVADO : 41.12 g. |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | LIMITE LIQUIDO : 10.00 % |
| 3/4" | 19.050 | | | | | LIMITE PLASTICO : 3.72 % |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | INDICE PLASTICIDAD : 6.28 % |
| 3/8" | 9.525 | 5.91 | 5.4 | 5.4 | 94.7 | |
| 1/4" | 6.350 | 12.30 | 11.1 | 16.5 | 83.5 | CLASF. AASHTO : A - 4 (0) |
| Nº 04 | 4.760 | 11.52 | 10.4 | 26.9 | 73.1 | CLASF. SUCS : SC-SM |
| Nº 10 | 2.000 | 10.85 | 9.8 | 36.7 | 63.3 | Descripción el Suelo |
| Nº 20 | 0.840 | 8.44 | 7.6 | 44.4 | 55.6 | Fracción de Grava = 26.92 % |
| Nº 40 | 0.425 | 7.30 | 6.6 | 51.0 | 49.0 | Fracción de Arena = 35.84 % |
| Nº 60 | 0.250 | 5.60 | 5.1 | 56.1 | 43.9 | Fracción de Finos = 37.24 % |
| Nº 100 | 0.150 | 4.15 | 3.8 | 59.8 | 40.2 | |
| Nº 200 | 0.075 | 3.25 | 2.9 | 62.8 | 37.2 | |
| < Nº 200 | FONDO | 41.12 | 37.2 | 100.0 | 0.0 | DESCRIPCION DE LA MUESTRA Arena limo arcillosa con grava |

ANALISIS GRANULOMETRICO

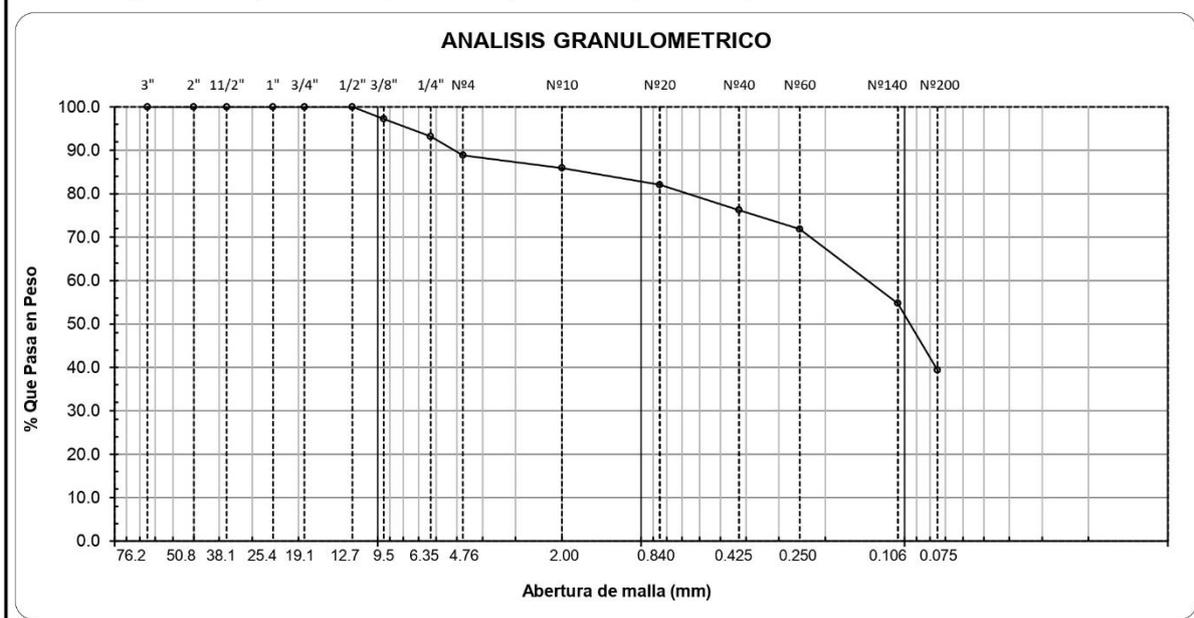


Observaciones:

METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO
NTP 339.128 (ASTM-D422)

AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ
PROY. TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION
 DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA
UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA
CALICATA : C - 03 / M I
PROFUNDIDAD : 0.20 - 1.50 m.
FECHA : JAEN, 25 DE MARZO DEL 2022

| ABERTURA MALLA | | PESO RETENIDO | % RETENIDO PARCIAL | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|--|
| (Pul) | (mm) | | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | PESO INICIAL : 88.89 g. |
| 2" | 50.800 | | | | | PESO LAVADO : 35.00 g. |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | LIMITE LIQUIDO : 11.00 % |
| 3/4" | 19.050 | | | | | LIMITE PLASTICO : 7.20 % |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | INDICE PLASTICIDAD : 3.80 % |
| 3/8" | 9.525 | 2.44 | 2.7 | 2.7 | 97.3 | |
| 1/4" | 6.350 | 3.61 | 4.1 | 6.8 | 93.2 | CLASF. AASHTO : A - 4 (0) |
| Nº 04 | 4.760 | 3.85 | 4.3 | 11.1 | 88.9 | CLASF. SUCS : SM |
| Nº 10 | 2.000 | 2.61 | 2.9 | 14.1 | 85.9 | Descripción el Suelo |
| Nº 20 | 0.840 | 3.44 | 3.9 | 17.9 | 82.1 | Fracción de Grava = 11.13 % |
| Nº 40 | 0.425 | 5.16 | 5.8 | 23.7 | 76.3 | Fracción de Arena = 49.49 % |
| Nº 60 | 0.250 | 3.91 | 4.4 | 28.1 | 71.9 | Fracción de Finos = 39.38 % |
| Nº 100 | 0.150 | 15.21 | 17.1 | 45.3 | 54.8 | DESCRIPCION DE LA MUESTRA Arena limosa |
| Nº 200 | 0.075 | 13.66 | 15.4 | 60.6 | 39.4 | |
| < Nº 200 | FONDO | 35.00 | 39.4 | 100.0 | 0.0 | |



Observaciones:

METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO
NTP 339.128 (ASTM-D422)

AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

PROY. TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION
 DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

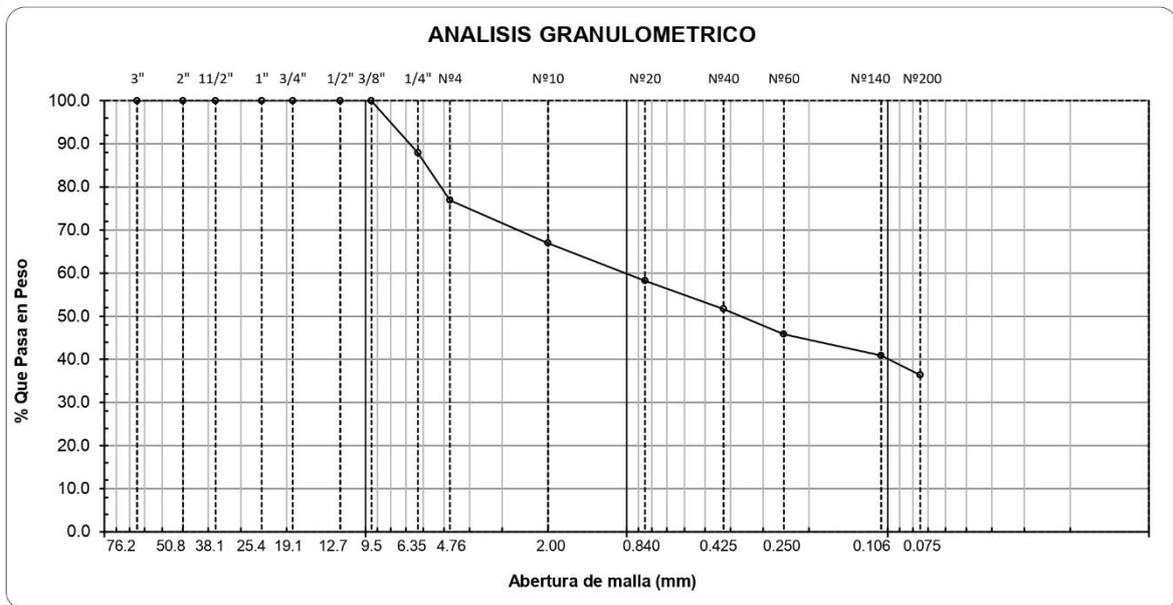
UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

CALICATA : C 04 / M 1

PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m.

FECHA : JAEN, 25 DE MARZO DEL 2023

| ABERTURA MALLA | | PESO RETENIDO | % RETENIDO PARCIAL | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|---|
| (Pul) | (mm) | | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | PESO INICIAL : 113.06 g. |
| 2" | 50.800 | | | | | PESO LAVADO : 41.10 g. |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | LIMITE LIQUIDO : 12.00 % |
| 3/4" | 19.050 | | | | | LIMITE PLASTICO : 2.03 % |
| 1/2" | 12.700 | | | | | INDICE PLASTICIDAD : 9.97 % |
| 3/8" | 9.525 | | | | 100.0 | |
| 1/4" | 6.350 | 13.66 | 12.1 | 12.1 | 87.9 | CLASF. AASHTO : A - 6 (1) |
| Nº 04 | 4.760 | 12.45 | 11.0 | 23.1 | 76.9 | CLASF. SUCS : SC |
| Nº 10 | 2.000 | 11.25 | 10.0 | 33.0 | 67.0 | Descripción el Suelo |
| Nº 20 | 0.840 | 9.85 | 8.7 | 41.8 | 58.3 | Fracción de Grava = 23.09 % |
| Nº 40 | 0.425 | 7.41 | 6.6 | 48.3 | 51.7 | Fracción de Arena = 40.55 % |
| Nº 60 | 0.250 | 6.65 | 5.9 | 54.2 | 45.8 | Fracción de Finos = 36.36 % |
| Nº 100 | 0.150 | 5.57 | 4.9 | 59.1 | 40.9 | |
| Nº 200 | 0.075 | 5.12 | 4.5 | 63.6 | 36.4 | |
| < Nº 200 | FONDO | 41.10 | 36.4 | 100.0 | 0.0 | DESCRIPCION DE LA MUESTRA Arena arcillosa con grava |



Observaciones:

METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO
NTP 339.128 (ASTM-D422)

AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

PROY. TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION
 DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

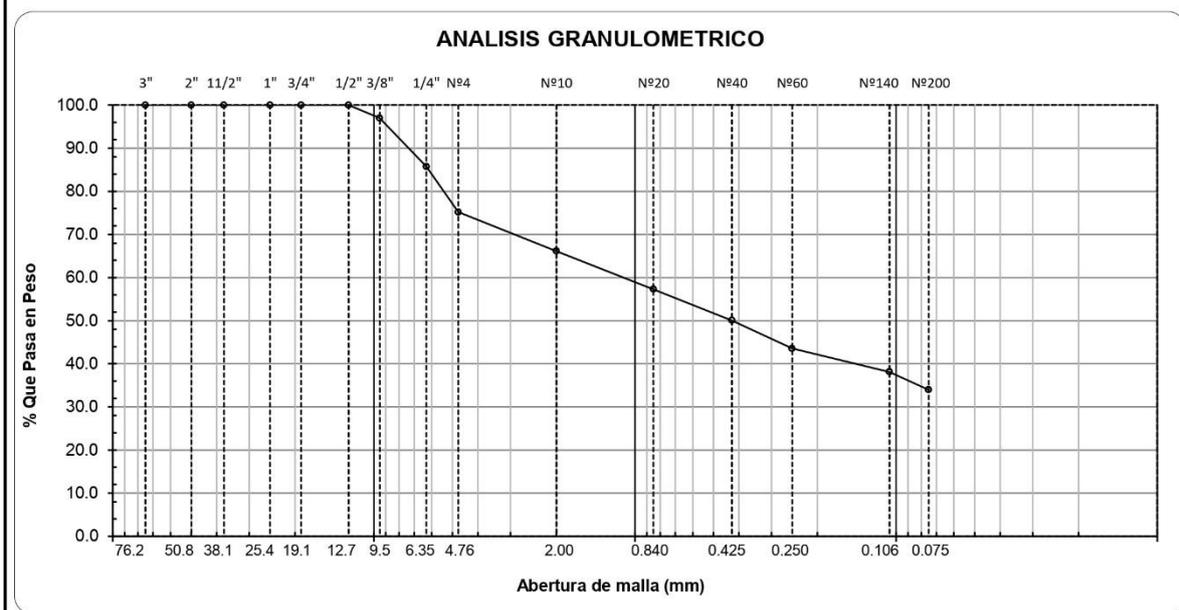
UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

CALICATA : C 05 / M 1

PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m.

FECHA : JAEN, 25 DE MARZO DEL 2023

| ABERTURA MALLA | | PESO RETENIDO | % RETENIDO PARCIAL | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|----------------------------------|
| (Pul) | (mm) | | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | PESO INICIAL : 112.26 g. |
| 2" | 50.800 | | | | | PESO LAVADO : 38.12 g. |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | LIMITE LIQUIDO : 13.00 % |
| 3/4" | 19.050 | | | | | LIMITE PLASTICO : 2.76 % |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.0 | INDICE PLASTICIDAD : 10.24 % |
| 3/8" | 9.525 | 3.35 | 3.0 | 3.0 | 97.0 | |
| 1/4" | 6.350 | 12.65 | 11.3 | 14.3 | 85.8 | CLASF. AASHTO : A - 6 (1) |
| Nº 04 | 4.760 | 11.85 | 10.6 | 24.8 | 75.2 | CLASF. SUCS : SC |
| Nº 10 | 2.000 | 10.14 | 9.0 | 33.8 | 66.2 | Descripción el Suelo |
| Nº 20 | 0.840 | 9.95 | 8.9 | 42.7 | 57.3 | Fracción de Grava = 24.81 % |
| Nº 40 | 0.425 | 8.12 | 7.2 | 49.9 | 50.1 | Fracción de Arena = 41.22 % |
| Nº 60 | 0.250 | 7.31 | 6.5 | 56.4 | 43.6 | Fracción de Finos = 33.97 % |
| Nº 100 | 0.150 | 6.12 | 5.5 | 61.9 | 38.1 | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
| Nº 200 | 0.075 | 4.65 | 4.1 | 66.0 | 34.0 | Arena arcillosa con grava |
| < Nº 200 | FONDO | 38.12 | 34.0 | 100.0 | 0.0 | |



Observaciones:

Anexo 7. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LÍMITES DE ATTERBERG

LIMITES DE ATTERBERG

ASTM D-4318 - MTC - E - 111

AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

PROY. TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

FECHA : 25 DE MARZO DEL 2023

CALICATA : C 01 - M1

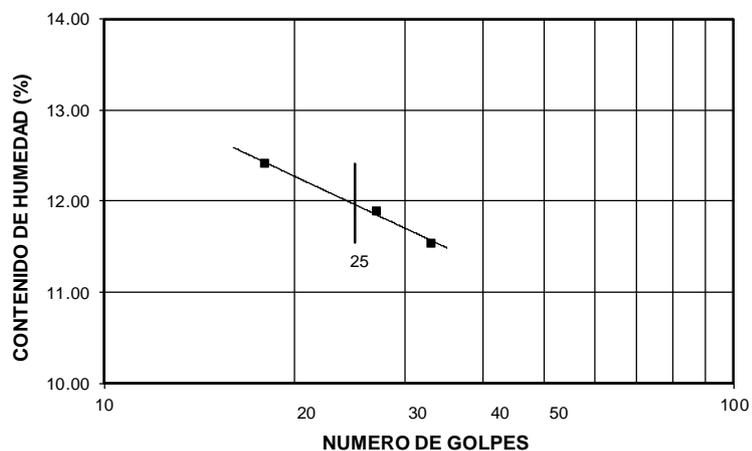
LIMITE LIQUIDO

| MUESTRA Nº | M - 1 | | | --- | | |
|----------------------------------|-------------|-------|-------|-----|-----|-----|
| PROFUNDIDAD (m) | 0.00 - 1.50 | | | --- | | |
| Número de golpes | 18 | 27 | 33 | --- | --- | --- |
| 1. Recipiente Nº | 2 | 3 | 5 | --- | --- | --- |
| 2. Peso suelo húmedo + Tara (gr) | 36.20 | 39.84 | 40.11 | --- | --- | --- |
| 3. Peso suelo seco + Tara (gr) | 33.78 | 37.26 | 37.32 | --- | --- | --- |
| 4. Peso de la Tara (gr) | 14.28 | 15.48 | 13.18 | --- | --- | --- |
| 5. Peso del agua (gr) | 2.42 | 2.58 | 2.79 | --- | --- | --- |
| 6. Peso del suelo seco (gr) | 19.50 | 21.78 | 24.14 | --- | --- | --- |
| 7. Humedad (%) | 12.42 | 11.85 | 11.56 | --- | --- | --- |

LIMITE PLASTICO

| MUESTRA Nº | M - 1 | | | --- | | |
|----------------------------------|-------------|-------|-----|-----|-----|-----|
| PROFUNDIDAD (m) | 0.00 - 1.50 | | | --- | | |
| 1. Recipiente Nº | 6 | 13 | --- | --- | --- | --- |
| 2. Peso suelo húmedo + Tara (gr) | 17.18 | 16.89 | --- | --- | --- | --- |
| 3. Peso suelo seco + Tara (gr) | 16.98 | 16.83 | --- | --- | --- | --- |
| 4. Peso de la Tara (gr) | 12.10 | 15.41 | --- | --- | --- | --- |
| 5. Peso del agua (gr) | 0.20 | 0.06 | --- | --- | --- | --- |
| 6. Peso del suelo seco (gr) | 4.88 | 1.42 | --- | --- | --- | --- |
| 7. Humedad (%) | 4.10 | 4.15 | --- | --- | --- | --- |

GRAFICO DEL LIMITE LIQUIDO



| MUESTRA | | |
|---------|-------|-----|
| | M - 1 | --- |
| L.L. | 12.00 | --- |
| L.P. | 4.00 | --- |
| I.P. | 8.00 | --- |

| CLASIFICACION | | |
|---------------|------|-----------|
| MUESTRA | SUCS | AASHTO |
| | SC | A - 6 (1) |
| | | |

LIMITES DE ATTERBERG

ASTM D-4318 - MTC - E - 111

AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

PROY. TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

FECHA : 25 DE MARZO DEL 2023

CALICATA : C - 02 - M 1

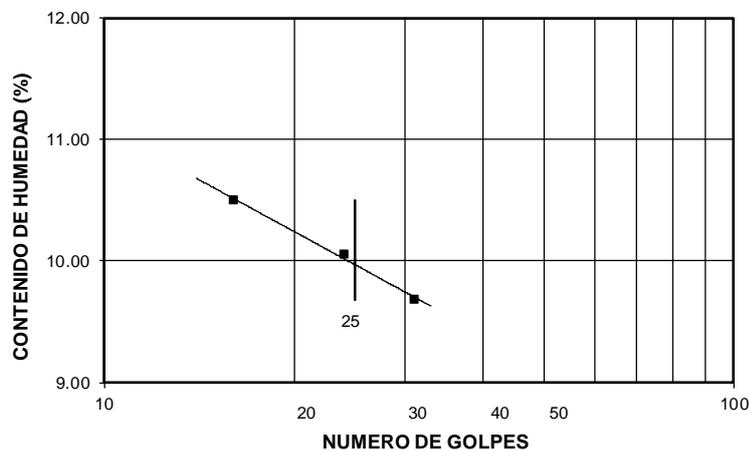
LIMITE LIQUIDO

| MUESTRA Nº | M - 1 | | | --- | | |
|----------------------------------|-------------|-------|-------|-----|-----|-----|
| PROFUNDIDAD (m) | 0.00 - 1.50 | | | --- | | |
| Número de golpes | 16 | 24 | 31 | --- | --- | --- |
| 1. Recipiente Nº | 1 | 2 | 4 | --- | --- | --- |
| 2. Peso suelo húmedo + Tara (gr) | 36.25 | 40.28 | 44.15 | --- | --- | --- |
| 3. Peso suelo seco + Tara (gr) | 34.01 | 37.91 | 41.63 | --- | --- | --- |
| 4. Peso de la Tara (gr) | 12.66 | 14.28 | 15.64 | --- | --- | --- |
| 5. Peso del agua (gr) | 2.24 | 2.37 | 2.52 | --- | --- | --- |
| 6. Peso del suelo seco (gr) | 21.35 | 23.63 | 25.99 | --- | --- | --- |
| 7. Humedad (%) | 10.51 | 10.03 | 9.70 | --- | --- | --- |

LIMITE PLASTICO

| MUESTRA Nº | M - 1 | | | --- | | |
|----------------------------------|-------------|-------|-----|-----|-----|-----|
| PROFUNDIDAD (m) | 0.00 - 1.50 | | | --- | | |
| 1. Recipiente Nº | 6 | 8 | --- | --- | --- | --- |
| 2. Peso suelo húmedo + Tara (gr) | 17.14 | 16.85 | --- | --- | --- | --- |
| 3. Peso suelo seco + Tara (gr) | 16.96 | 16.68 | --- | --- | --- | --- |
| 4. Peso de la Tara (gr) | 12.10 | 12.12 | --- | --- | --- | --- |
| 5. Peso del agua (gr) | 0.18 | 0.17 | --- | --- | --- | --- |
| 6. Peso del suelo seco (gr) | 4.86 | 4.56 | --- | --- | --- | --- |
| 7. Humedad (%) | 3.70 | 3.73 | --- | --- | --- | --- |

GRAFICO DEL LIMITE LIQUIDO



| MUESTRA | | |
|---------|-------|-----|
| | M - 1 | --- |
| L.L. | 10.00 | --- |
| L.P. | 4.00 | --- |
| I.P. | 6.00 | --- |

| CLASIFICACION | | |
|---------------|-------|-----------|
| MUESTRA | SUCS | AASHTO |
| | SM-SC | A - 4 (0) |
| | | |

LIMITES DE ATTERBERG

ASTM D-4318 - MTC - E - 111

AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

PROY. TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

FECHA : 25 DE MARZO DEL 2023

CALICATA : C - 03 / M 1

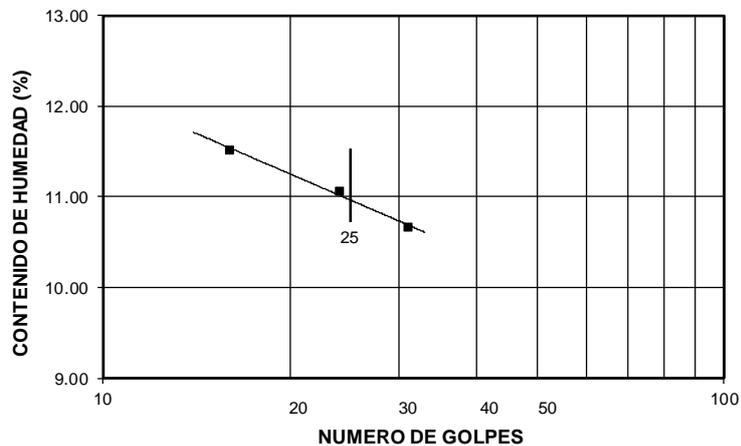
LIMITE LIQUIDO

| MUESTRA Nº | M - 1 | | | --- | | |
|----------------------------------|-------------|-------|-------|-----|-----|-----|
| PROFUNDIDAD (m) | 0.00 - 1.50 | | | --- | | |
| Número de golpes | 16 | 24 | 31 | --- | --- | --- |
| 1. Recipiente Nº | 1 | 2 | 4 | --- | --- | --- |
| 2. Peso suelo húmedo + Tara (gr) | 36.19 | 40.22 | 44.12 | --- | --- | --- |
| 3. Peso suelo seco + Tara (gr) | 33.75 | 37.65 | 41.37 | --- | --- | --- |
| 4. Peso de la Tara (gr) | 12.66 | 14.28 | 15.64 | --- | --- | --- |
| 5. Peso del agua (gr) | 2.44 | 2.57 | 2.75 | --- | --- | --- |
| 6. Peso del suelo seco (gr) | 21.09 | 23.37 | 25.73 | --- | --- | --- |
| 7. Humedad (%) | 11.55 | 11.00 | 10.69 | --- | --- | --- |

LIMITE PLASTICO

| MUESTRA Nº | M - 1 | | | --- | | |
|----------------------------------|-------------|-------|-----|-----|-----|-----|
| PROFUNDIDAD (m) | 0.00 - 1.50 | | | --- | | |
| 1. Recipiente Nº | 9 | 7 | --- | --- | --- | --- |
| 2. Peso suelo húmedo + Tara (gr) | 17.05 | 17.13 | --- | --- | --- | --- |
| 3. Peso suelo seco + Tara (gr) | 16.81 | 16.99 | --- | --- | --- | --- |
| 4. Peso de la Tara (gr) | 13.42 | 15.06 | --- | --- | --- | --- |
| 5. Peso del agua (gr) | 0.24 | 0.14 | --- | --- | --- | --- |
| 6. Peso del suelo seco (gr) | 3.39 | 1.93 | --- | --- | --- | --- |
| 7. Humedad (%) | 7.14 | 7.25 | --- | --- | --- | --- |

GRAFICO DEL LIMITE LIQUIDO



| MUESTRA | | |
|---------|-------|-----|
| | M - 1 | --- |
| L.L. | 11.00 | --- |
| L.P. | 7.00 | --- |
| I.P. | 4.00 | --- |

| CLASIFICACION | | |
|---------------|-------|-----------|
| MUESTRA | SUCS | AASHTO |
| --- | SM-SC | A - 4 (0) |

LIMITES DE ATTERBERG

ASTM D-4318 - MTC - E - 111

AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

PROY. TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

FECHA : 25 DE MARZO DEL 2023

CALICATA : C 04 / M 1

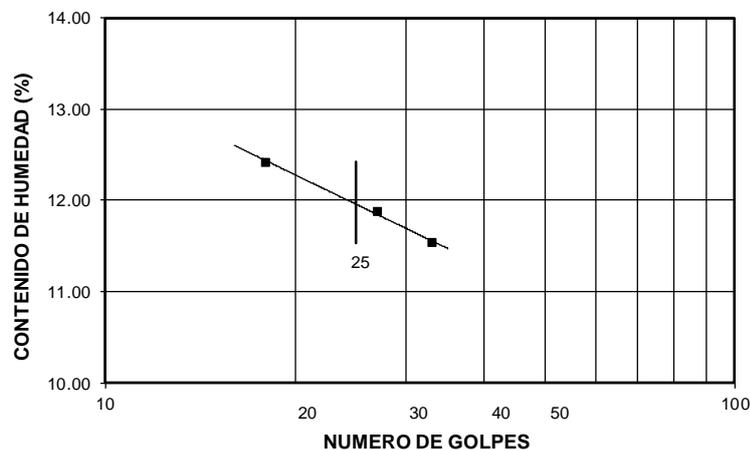
LIMITE LIQUIDO

| MUESTRA Nº | M - 1 | | | --- | | |
|----------------------------------|-------------|-------|-------|-----|-----|-----|
| PROFUNDIDAD (m) | 0.00 - 1.50 | | | --- | | |
| Número de golpes | 18 | 27 | 33 | --- | --- | --- |
| 1. Recipiente Nº | 1 | 10 | 12 | --- | --- | --- |
| 2. Peso suelo húmedo + Tara (gr) | 36.33 | 38.12 | 41.65 | --- | --- | --- |
| 3. Peso suelo seco + Tara (gr) | 33.71 | 35.36 | 38.68 | --- | --- | --- |
| 4. Peso de la Tara (gr) | 12.66 | 12.03 | 12.99 | --- | --- | --- |
| 5. Peso del agua (gr) | 2.62 | 2.76 | 2.97 | --- | --- | --- |
| 6. Peso del suelo seco (gr) | 21.05 | 23.33 | 25.69 | --- | --- | --- |
| 7. Humedad (%) | 12.44 | 11.83 | 11.56 | --- | --- | --- |

LIMITE PLASTICO

| MUESTRA Nº | M - 1 | | | --- | | |
|----------------------------------|-------------|-------|-----|-----|-----|-----|
| PROFUNDIDAD (m) | 0.00 - 1.50 | | | --- | | |
| 1. Recipiente Nº | 13 | 6 | --- | --- | --- | --- |
| 2. Peso suelo húmedo + Tara (gr) | 17.19 | 15.44 | --- | --- | --- | --- |
| 3. Peso suelo seco + Tara (gr) | 17.15 | 15.39 | --- | --- | --- | --- |
| 4. Peso de la Tara (gr) | 15.41 | 13.18 | --- | --- | --- | --- |
| 5. Peso del agua (gr) | 0.04 | 0.04 | --- | --- | --- | --- |
| 6. Peso del suelo seco (gr) | 1.74 | 2.21 | --- | --- | --- | --- |
| 7. Humedad (%) | 2.01 | 2.04 | --- | --- | --- | --- |

GRAFICO DEL LIMITE LIQUIDO



| MUESTRA | | |
|---------|-------|-----|
| | M - 1 | --- |
| L.L. | 12.00 | --- |
| L.P. | 2.00 | --- |
| I.P. | 10.00 | --- |

| CLASIFICACION | | |
|---------------|------|-----------|
| MUESTRA | SUCS | AASHTO |
| | SC | A - 6 (1) |
| | | |

LIMITES DE ATTERBERG

ASTM D-4318 - MTC - E - 111

AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

PROY. TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

FECHA : 25 DE MARZO DEL 2023

CALICATA : C 05 / M 1

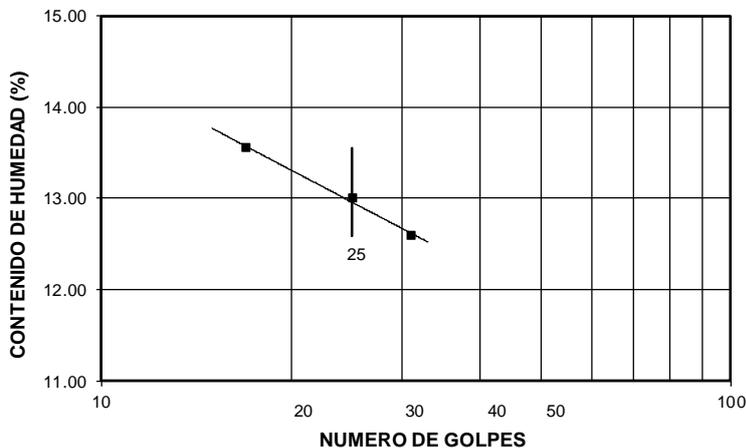
LIMITE LIQUIDO

| MUESTRA Nº | M - 1 | | | --- | | |
|----------------------------------|-------------|-------|-------|-----|-----|-----|
| PROFUNDIDAD (m) | 0.00 - 1.50 | | | --- | | |
| Número de golpes | 17 | 25 | 31 | --- | --- | --- |
| 1. Recipiente Nº | 2 | 4 | 5 | --- | --- | --- |
| 2. Peso suelo húmedo + Tara (gr) | 36.39 | 40.21 | 40.33 | --- | --- | --- |
| 3. Peso suelo seco + Tara (gr) | 33.75 | 37.39 | 37.29 | --- | --- | --- |
| 4. Peso de la Tara (gr) | 14.28 | 15.64 | 13.18 | --- | --- | --- |
| 5. Peso del agua (gr) | 2.64 | 2.82 | 3.04 | --- | --- | --- |
| 6. Peso del suelo seco (gr) | 19.47 | 21.75 | 24.11 | --- | --- | --- |
| 7. Humedad (%) | 13.56 | 12.97 | 12.61 | --- | --- | --- |

LIMITE PLASTICO

| MUESTRA Nº | M - 1 | | | --- | | |
|----------------------------------|-------------|-------|-----|-----|-----|-----|
| PROFUNDIDAD (m) | 0.00 - 1.50 | | | --- | | |
| 1. Recipiente Nº | 9 | 38 | --- | --- | --- | --- |
| 2. Peso suelo húmedo + Tara (gr) | 17.18 | 16.88 | --- | --- | --- | --- |
| 3. Peso suelo seco + Tara (gr) | 17.08 | 16.80 | --- | --- | --- | --- |
| 4. Peso de la Tara (gr) | 13.42 | 13.70 | --- | --- | --- | --- |
| 5. Peso del agua (gr) | 0.10 | 0.08 | --- | --- | --- | --- |
| 6. Peso del suelo seco (gr) | 3.66 | 3.10 | --- | --- | --- | --- |
| 7. Humedad (%) | 2.77 | 2.75 | --- | --- | --- | --- |

GRAFICO DEL LIMITE LIQUIDO



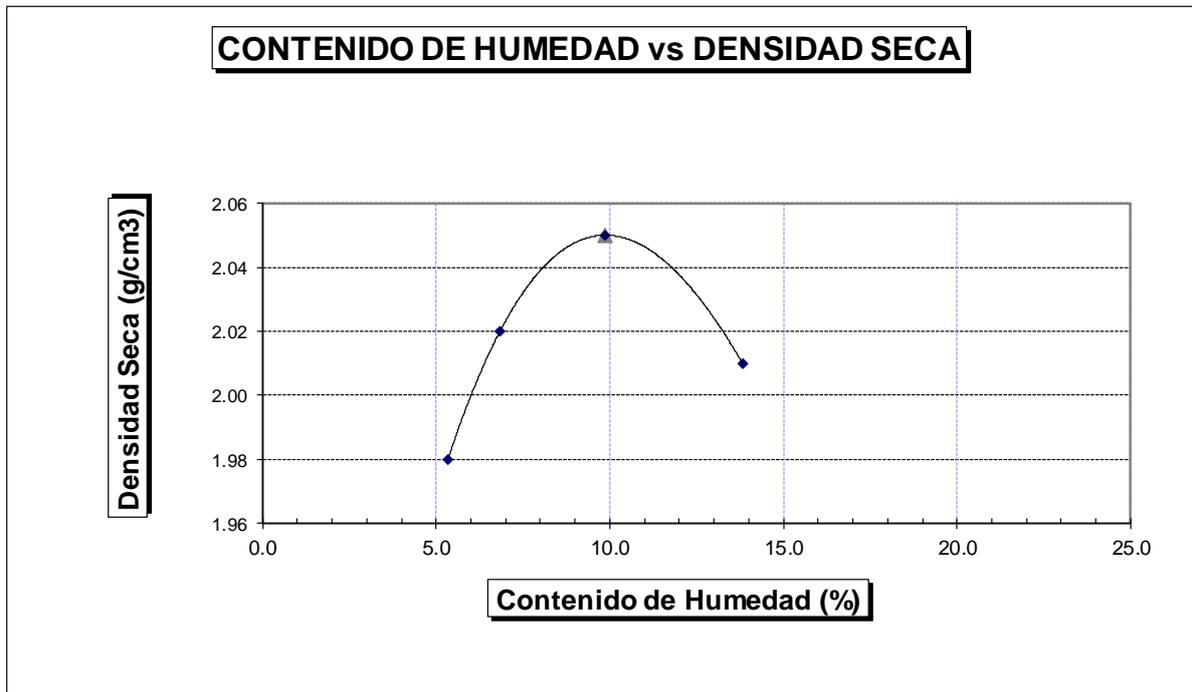
| MUESTRA | | |
|---------|-------|-----|
| | M - 1 | --- |
| L.L. | 13.00 | --- |
| L.P. | 3.00 | --- |
| I.P. | 10.00 | --- |

| CLASIFICACION | | |
|---------------|------|-----------|
| MUESTRA | SUCS | AASHTO |
| | SC | A - 6 (1) |
| | | |

**Anexo 8. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE PROCTOR MODIFICADO SIN
ADICIÓN DE CENIZA**

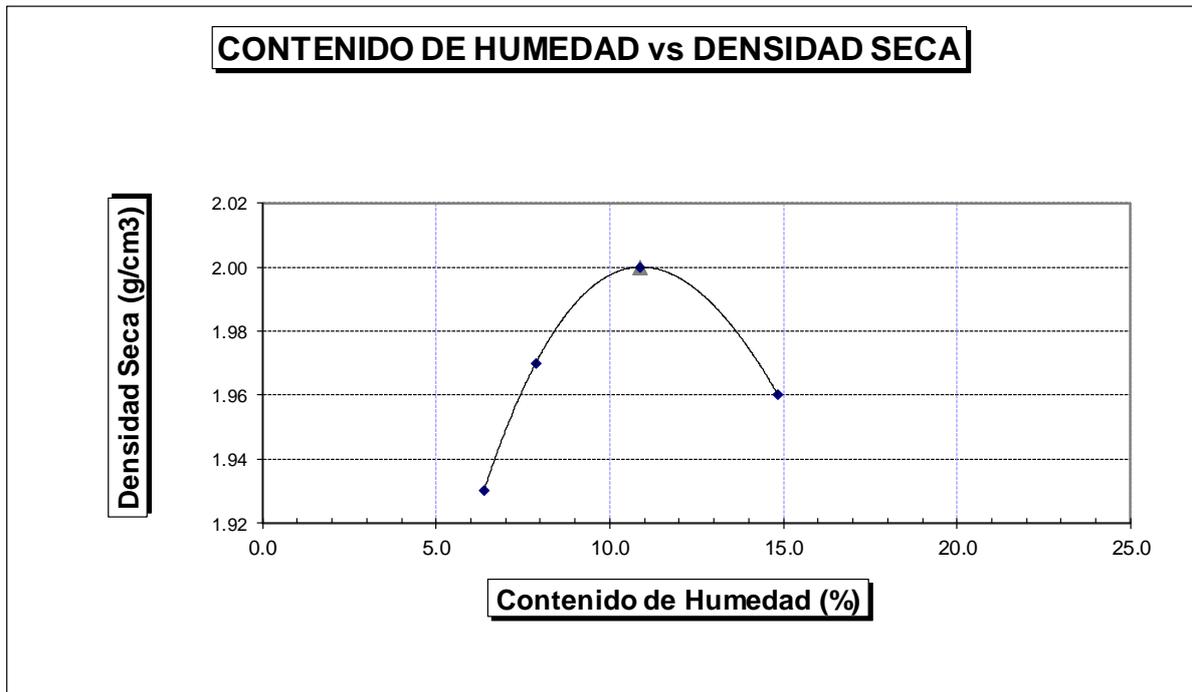
| | | | | | |
|---------------------------------|---|-------------------------|------------------------------------|-------|------------------|
| AUTORES | : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ | | | | |
| PROYECTO DE TESIS | : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA | | | | |
| UBICACIÓN | : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA | | | | |
| CANTERA | : C - 01 - M 1 | | | | |
| PROCTOR MODIFICADO | | TERRENO NATURAL | | | |
| | | FECHA: | FECHA: 25 DE MARZO DEL 2023 | | |
| MOLDE N° | : | | | | |
| VOLUMEN | : | 2135 | cm ³ | --- | pie ³ |
| METODO DE COMPACTACION | : | AASHTO T - 180 D | | | |
| .- Peso Suelo Húmedo + Molde | (g) | 6907 | 7057 | 7249 | 7334 |
| .- Peso de Molde | (g) | 2445 | 2445 | 2445 | 2445 |
| .- Peso Suelo Húmedo Compactado | (g) | 4462 | 4612 | 4804 | 4889 |
| .- Peso Volumétrico Húmedo | (g) | 2.09 | 2.16 | 2.25 | 2.29 |
| .- Recipiente N° | | 1 | 4 | 5 | 7 |
| .- Peso de Suelo Húmedo + Tara | (g) | 49.53 | 54.86 | 54.13 | 58.79 |
| .- Peso de Suelo Seco + Tara | (g) | 47.66 | 52.35 | 50.46 | 53.48 |
| .- Tara | (g) | 12.66 | 15.64 | 13.18 | 15.06 |
| .- Peso de Agua | (g) | 1.87 | 2.51 | 3.67 | 5.31 |
| .- Peso de Suelo Seco | (g) | 35.00 | 36.71 | 37.28 | 38.42 |
| .- Contenido de agua | (%) | 5.3 | 6.8 | 9.85 | 13.8 |
| .- Peso Volumétrico Seco | (g/cm ³) | 1.98 | 2.02 | 2.05 | 2.01 |

Máxima Densidad Seca : 2.05 gr/cm³
Optimo Contenido de Humedad : 9.85 %



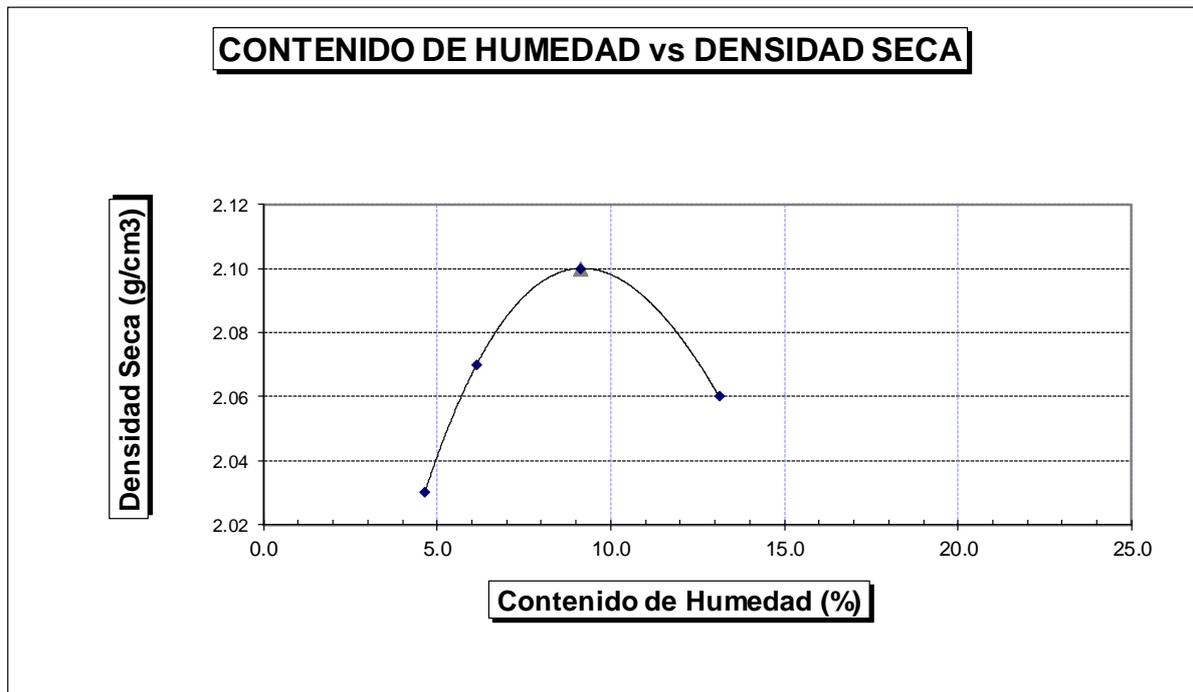
| | | | | | |
|---|---|-------|------------------------|-----------------------------|--|
| AUTORES | : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ | | | | |
| PROYECTO DE TESIS | : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA | | | | |
| UBICACIÓN | : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA | | | | |
| CANTERA | : C - 02 - M 1 | | | | |
| PROCTOR MODIFICADO | | | TERRENO NATURAL | | |
| | | | FECHA: | FECHA: 25 DE MARZO DEL 2023 | |
| MOLDE N° | : | | | | |
| VOLUMEN | : 2135 cm ³ --- pie ³ | | | | |
| METODO DE COMPACTACION | : AASHTO T - 180 D | | | | |
| .- Peso Suelo Húmedo + Molde (g) | 6822 | 6993 | 7185 | 7249 | |
| .- Peso de Molde (g) | 2445 | 2445 | 2445 | 2445 | |
| .- Peso Suelo Húmedo Compactado (g) | 4377 | 4548 | 4740 | 4804 | |
| .- Peso Volumétrico Húmedo (g) | 2.05 | 2.13 | 2.22 | 2.25 | |
| .- Recipiente N° | 2 | 3 | 6 | 9 | |
| .- Peso de Suelo Húmedo + Tara (g) | 52.12 | 54.46 | 54.07 | 58.20 | |
| .- Peso de Suelo Seco + Tara (g) | 49.85 | 51.62 | 49.95 | 52.41 | |
| .- Tara (g) | 14.28 | 15.48 | 12.10 | 13.42 | |
| .- Peso de Agua (g) | 2.27 | 2.84 | 4.12 | 5.79 | |
| .- Peso de Suelo Seco (g) | 35.57 | 36.14 | 37.85 | 38.99 | |
| .- Contenido de agua (%) | 6.4 | 7.9 | 10.88 | 14.9 | |
| .- Peso Volumétrico Seco (g/cm ³) | 1.93 | 1.97 | 2.00 | 1.96 | |

Máxima Densidad Seca : 2.00 gr/cm³
Optimo Contenido de Humedad : 10.88 %



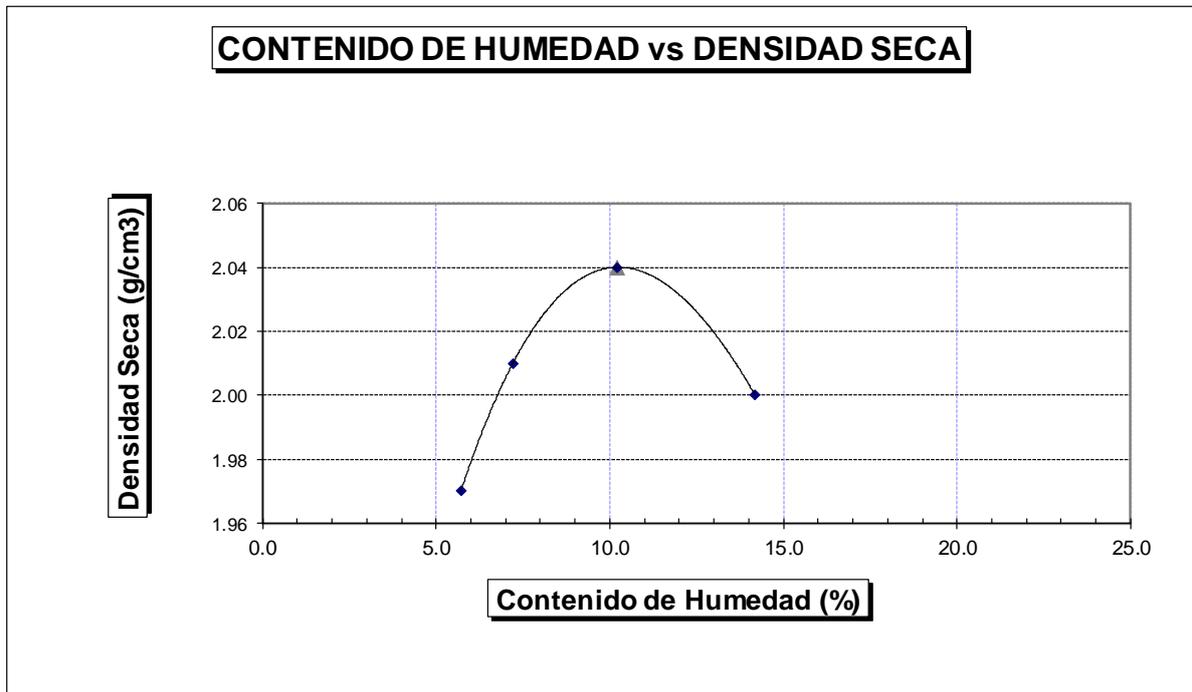
| | | | | | |
|--------------------------------|---|-------------------------|------------------------------------|-------|------------------|
| AUTORES | : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ | | | | |
| PROYECTO DE TESIS | : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA | | | | |
| UBICACIÓN | : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA | | | | |
| CANTERA | : C - 03 - M 1 | | | | |
| PROCTOR MODIFICADO | | TERRENO NATURAL | | | |
| | | FECHA: | FECHA: 25 DE MARZO DEL 2023 | | |
| MOLDE N° | : | | | | |
| VOLUMEN | : | 2135 | cm ³ | --- | pie ³ |
| METODO DE COMPACTACION | : | AASHTO T - 180 D | | | |
| - Peso Suelo Húmedo + Molde | (g) | 6971 | 7142 | 7334 | 7420 |
| - Peso de Molde | (g) | 2445 | 2445 | 2445 | 2445 |
| - Peso Suelo Húmedo Compactado | (g) | 4526 | 4697 | 4889 | 4975 |
| - Peso Volumétrico Húmedo | (g) | 2.12 | 2.20 | 2.29 | 2.33 |
| - Recipiente N° | | 4 | 10 | 12 | 13 |
| - Peso de Suelo Húmedo + Tara | (g) | 54.05 | 54.02 | 56.79 | 61.45 |
| - Peso de Suelo Seco + Tara | (g) | 52.35 | 51.59 | 53.12 | 56.11 |
| - Tara | (g) | 15.64 | 12.03 | 12.99 | 15.41 |
| - Peso de Agua | (g) | 1.70 | 2.43 | 3.67 | 5.34 |
| - Peso de Suelo Seco | (g) | 36.71 | 39.56 | 40.13 | 40.70 |
| - Contenido de agua | (%) | 4.6 | 6.1 | 9.15 | 13.1 |
| - Peso Volumétrico Seco | (g/cm ³) | 2.03 | 2.07 | 2.10 | 2.06 |

Máxima Densidad Seca : **2.10 gr/cm³**
Optimo Contenido de Humedad : **9.15 %**



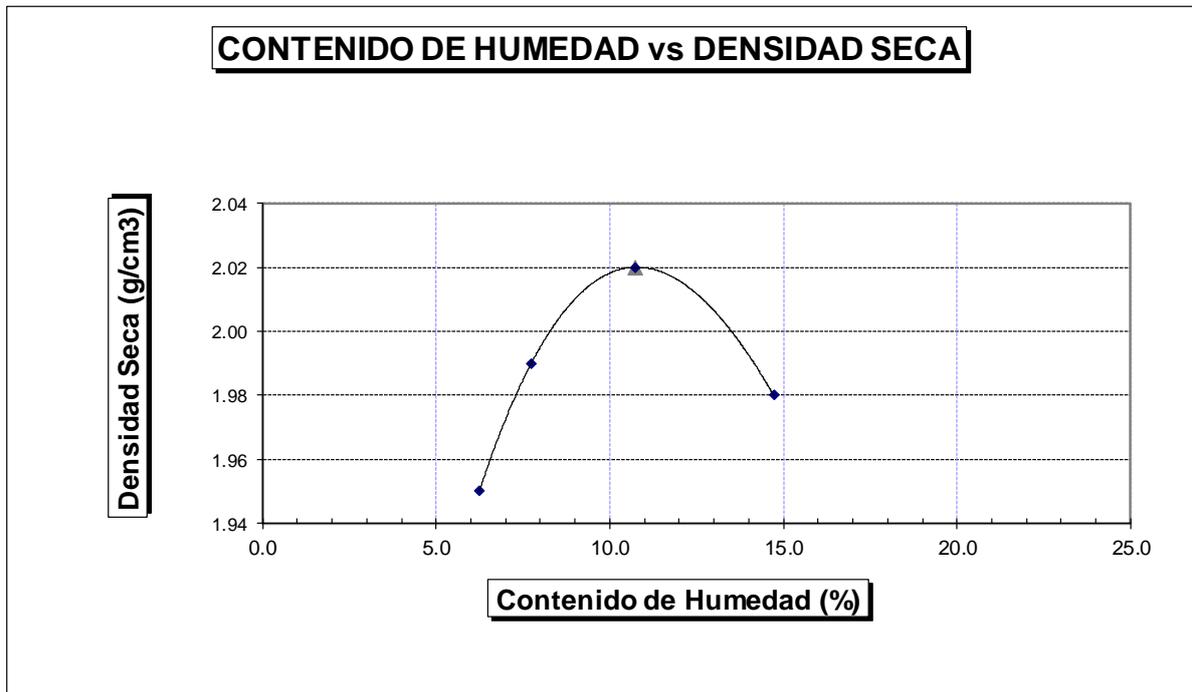
| | | | | | |
|---------------------------------|---|-------------------------|------------------------------------|-------|------------------|
| AUTORES | : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ | | | | |
| PROYECTO DE TESIS | : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA | | | | |
| UBICACIÓN | : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA | | | | |
| CANTERA | : C - 04 - M 1 | | | | |
| PROCTOR MODIFICADO | | TERRENO NATURAL | | | |
| | | FECHA: | FECHA: 25 DE MARZO DEL 2023 | | |
| MOLDE N° | : | | | | |
| VOLUMEN | : | 2135 | cm ³ | --- | pie ³ |
| METODO DE COMPACTACION | : | AASHTO T - 180 D | | | |
| .- Peso Suelo Húmedo + Molde | (g) | 6886 | 7035 | 7249 | 7313 |
| .- Peso de Molde | (g) | 2445 | 2445 | 2445 | 2445 |
| .- Peso Suelo Húmedo Compactado | (g) | 4441 | 4590 | 4804 | 4868 |
| .- Peso Volumétrico Húmedo | (g) | 2.08 | 2.15 | 2.25 | 2.28 |
| .- Recipiente N° | | 2 | 4 | 5 | 7 |
| .- Peso de Suelo Húmedo + Tara | (g) | 51.88 | 55.00 | 54.27 | 58.93 |
| .- Peso de Suelo Seco + Tara | (g) | 49.85 | 52.35 | 50.46 | 53.48 |
| .- Tara | (g) | 14.28 | 15.64 | 13.18 | 15.06 |
| .- Peso de Agua | (g) | 2.03 | 2.65 | 3.81 | 5.45 |
| .- Peso de Suelo Seco | (g) | 35.57 | 36.71 | 37.28 | 38.42 |
| .- Contenido de agua | (%) | 5.7 | 7.2 | 10.22 | 14.2 |
| .- Peso Volumétrico Seco | (g/cm ³) | 1.97 | 2.01 | 2.04 | 2.00 |

Máxima Densidad Seca : 2.04 gr/cm³
Optimo Contenido de Humedad : 10.22 %



| | | | | | |
|---------------------------------|---|-------|------------------------|-----------------------------|-------|
| AUTORES | : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ | | | | |
| PROYECTO DE TESIS | : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA | | | | |
| UBICACIÓN | : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA | | | | |
| CANTERA | : C - 05 - M 1 | | | | |
| PROCTOR MODIFICADO | | | TERRENO NATURAL | | |
| | | | FECHA: | FECHA: 25 DE MARZO DEL 2023 | |
| MOLDE N° | : | | | | |
| VOLUMEN | : 2135 cm ³ --- pie ³ | | | | |
| METODO DE COMPACTACION | : AASHTO T - 180 D | | | | |
| .- Peso Suelo Húmedo + Molde | (g) | 6864 | 7014 | 7227 | 7291 |
| .- Peso de Molde | (g) | 2445 | 2445 | 2445 | 2445 |
| .- Peso Suelo Húmedo Compactado | (g) | 4419 | 4569 | 4782 | 4846 |
| .- Peso Volumétrico Húmedo | (g) | 2.07 | 2.14 | 2.24 | 2.27 |
| .- Recipiente N° | | 3 | 12 | 38 | 64 |
| .- Peso de Suelo Húmedo + Tara | (g) | 53.88 | 56.23 | 59.41 | 62.95 |
| .- Peso de Suelo Seco + Tara | (g) | 51.62 | 53.12 | 54.97 | 56.79 |
| .- Tara | (g) | 15.48 | 12.99 | 13.70 | 14.95 |
| .- Peso de Agua | (g) | 2.26 | 3.11 | 4.44 | 6.16 |
| .- Peso de Suelo Seco | (g) | 36.14 | 40.13 | 41.27 | 41.84 |
| .- Contenido de agua | (%) | 6.2 | 7.7 | 10.75 | 14.7 |
| .- Peso Volumétrico Seco | (g/cm ³) | 1.95 | 1.99 | 2.02 | 1.98 |

Máxima Densidad Seca : 2.02 gr/cm³
Optimo Contenido de Humedad : 10.75 %



Anexo 9. RESULTADOS DE CBR DE SUELO NATURAL

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO

MTC - E - 132

SOLICITANTE : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

TESIS MAESTRIA : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

LUGAR : C - 04 - M I

MUESTRA : TERRENO NATURAL

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50 m.

FECHA : 29 DE MARZO DEL 2023

C.B.R.

| MOLDE Nº | 7 | | 21 | | 10 | |
|--------------------------------------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| CAPAS Nº | 5 | | 5 | | 5 | |
| Nº DE GOLPES POR CAPA | 56 | | 25 | | 12 | |
| CONDICION DE MUESTRA | SIN MOJAR | MOJADA | SIN MOJAR | MOJADA | SIN MOJAR | MOJADA |
| PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g) | 10,377 | 10,467 | 10,366 | 10,484 | 10,007 | 10,244 |
| PESO DEL MOLDE (g) | 5,029 | 5,029 | 5,348 | 5,348 | 5,210 | 5,210 |
| PESO DEL SUELO HUMEDO (g) | 5348 | 5438 | 5018 | 5136 | 4797 | 5034 |
| VOLUMEN DEL SUELO (cm ³) | 2,379 | 2,379 | 2,302 | 2,302 | 2,302 | 2,302 |
| DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³) | 2.25 | 2.29 | 2.18 | 2.23 | 2.08 | 2.19 |
| CAPSULA Nº | 11 | 23 | 16 | 22 | 33 | 17 |
| PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (g) | 79.61 | 123.44 | 131.19 | 114.42 | 109.35 | 140.51 |
| PESO CAPSULA + SUELO SECO (g) | 74.03 | 116.38 | 124.77 | 106.76 | 104.42 | 130.36 |
| PESO DE AGUA CONTENIDA (g) | 5.58 | 7.06 | 6.42 | 7.66 | 4.93 | 10.15 |
| PESO DE CAPSULA (g) | 19.40 | 55.15 | 64.45 | 46.41 | 56.48 | 63.16 |
| PESO DE SUELO SECO (g) | 54.63 | 61.23 | 60.32 | 60.35 | 47.9 | 67.2 |
| HUMEDAD (%) | 10.21% | 11.53% | 10.64% | 12.69% | 10.28% | 15.10% |
| DENSIDAD SECA (g/cm ³) | 2.04 | 2.05 | 1.97 | 1.98 | 1.89 | 1.90 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|-------|------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|-------|
| | | | | mm. | % | | mm. | % | | mm. | % |
| | | 0 hrs | 0.000 | | | 0.000 | | | 0.000 | | 0.000 |
| | | 24 hrs | 4.110 | 4.110 | 3.53 | 4.412 | 4.412 | 3.79 | 4.712 | 4.712 | 4.05 |
| | | 48 hrs | 4.230 | 4.230 | 3.64 | 4.560 | 4.560 | 3.92 | 4.822 | 4.822 | 4.15 |
| | | 72 hrs | 4.350 | 4.350 | 3.74 | 4.588 | 4.588 | 3.94 | 4.933 | 4.933 | 4.24 |
| | | 96 hrs | 4.385 | 4.385 | 3.77 | 4.663 | 4.663 | 4.01 | 5.031 | 5.031 | 4.33 |

PENETRACION

| PENETRACION pulg. | CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg ²) | MOLDE Nº 7 | | | | MOLDE Nº 21 | | | | MOLDE Nº 10 | | | |
|----------------------|---|------------------|-----------|-----------------------|-------|------------------|-----------|-----------------------|-------|------------------|-----------|-----------------------|---|
| | | CARGA Lectura | CORECCION | | | CARGA Lectura | CORECCION | | | CARGA Lectura | CORECCION | | |
| | | | lbs | lbs/pulg ² | % | | lbs | lbs/pulg ² | % | | lbs | lbs/pulg ² | % |
| 0.020 | | 40.90 | 90 | 30.00 | | 34.10 | 75 | 25.00 | | 20.50 | 45.1 | 15.00 | |
| 0.040 | | 85.90 | 189.0 | 63.00 | | 69.50 | 152.9 | 51.00 | | 42.30 | 93.1 | 31.00 | |
| 0.060 | | 125.50 | 276.1 | 92.00 | | 102.30 | 225.1 | 75.00 | | 61.40 | 135.1 | 45.00 | |
| 0.080 | | 165.00 | 363.0 | 121.00 | | 133.60 | 293.9 | 98.00 | | 80.50 | 177.1 | 59.00 | |
| 0.100 | 1000 | 205.90 | 453.0 | 151.00 | 15.10 | 167.70 | 368.9 | 123.00 | 12.30 | 100.90 | 222.0 | 74.00 | |
| 0.200 | 1500 | 335.50 | 738.1 | 246.00 | | 272.70 | 599.9 | 200.00 | | 165.00 | 363 | 121.00 | |
| 0.300 | | 426.80 | 939 | 313.00 | | 347.70 | 764.9 | 255.00 | | 208.60 | 458.9 | 153.00 | |
| 0.400 | | 473.20 | 1041 | 347.00 | | 385.90 | 849 | 283.00 | | 242.70 | 533.9 | 178.00 | |
| 0.500 | | 515.50 | 1134.1 | 378.00 | | 420.00 | 924 | 308.00 | | 252.30 | 555.1 | 185.00 | |

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO

SOLICITANTE : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

TESIS MAESTRIA : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION
DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

LUGAR : C - 04 - M I

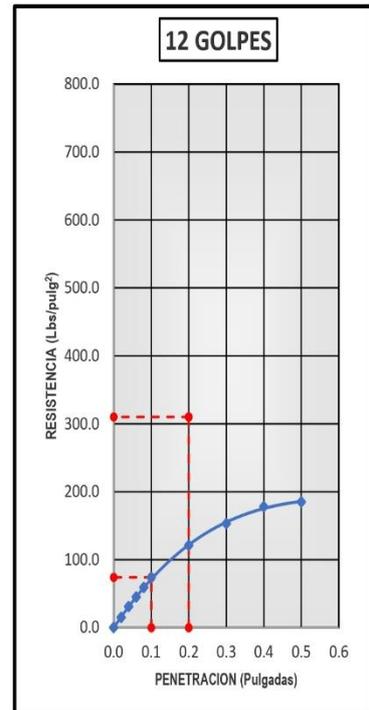
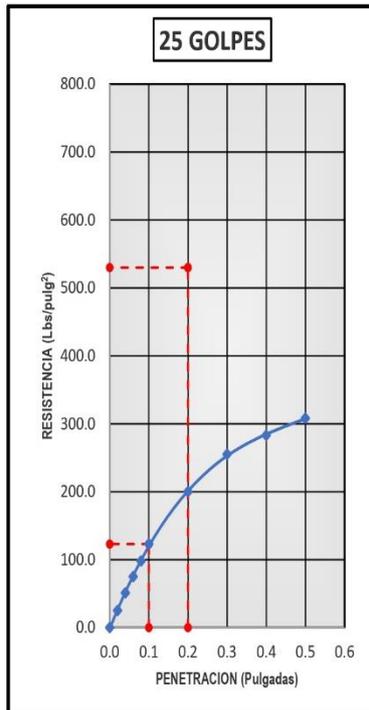
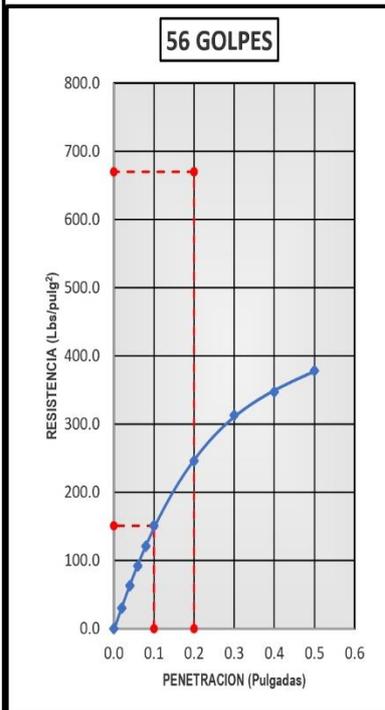
MUESTRA : TERRENO NATURAL

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50 m.

FECHA : 29 DE MARZO DEL 2023

| DATOS DEL PROCTOR | |
|---------------------------------------|--------|
| Densidad Máxima (gr/cm ³) | 2.04 |
| Humedad Optima (%) | 10.21% |

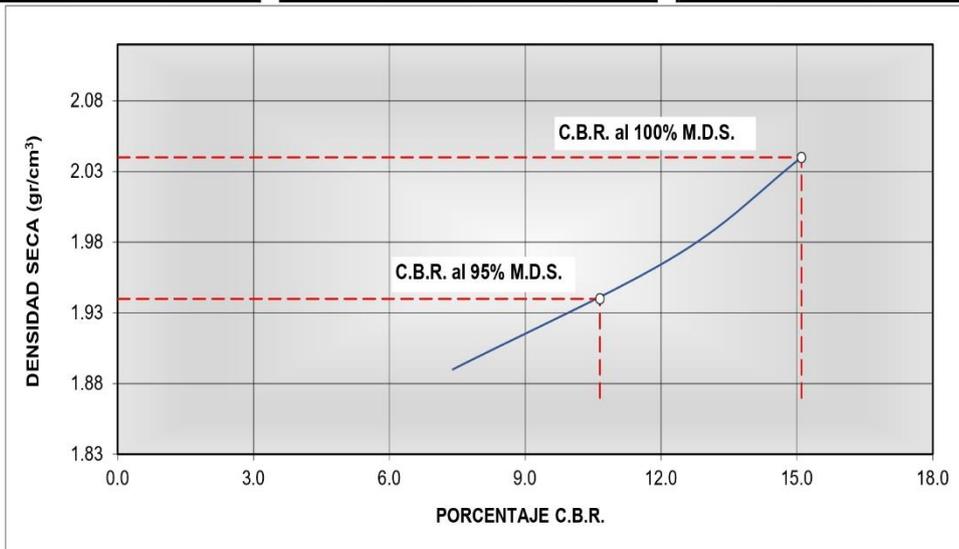
| DATOS DEL C.B.R. | |
|------------------------------|-------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 15.10 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 10.65 |



Carga (1°) : 151Lbs/pulg2 Carga (2°) : 670Lbs/pulg2

Carga (1°) : 123Lbs/pulg2 Carga (2°) : 530Lbs/pulg2

Carga (1°) : 74Lbs/pulg2 Carga (2°) : 310Lbs/pulg2



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO

MTC - E - 132

SOLICITANTE : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

TESIS MAESTRIA : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

LUGAR : C - 05 - M I

MUESTRA : TERRENO NATURAL

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50 m.

FECHA : 29 DE MARZO DEL 2023

C.B.R.

| MOLDE Nº | 7 | | 21 | | 10 | |
|--------------------------------------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| CAPAS Nº | 5 | | 5 | | 5 | |
| Nº DE GOLPES POR CAPA | 56 | | 25 | | 12 | |
| CONDICION DE MUESTRA | SIN MOJAR | MOJADA | SIN MOJAR | MOJADA | SIN MOJAR | MOJADA |
| PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g) | 10,377 | 10,467 | 10,366 | 10,484 | 10,007 | 10,244 |
| PESO DEL MOLDE (g) | 5,029 | 5,029 | 5,348 | 5,348 | 5,210 | 5,210 |
| PESO DEL SUELO HUMEDO (g) | 5348 | 5438 | 5018 | 5136 | 4797 | 5034 |
| VOLUMEN DEL SUELO (cm ³) | 2,379 | 2,379 | 2,302 | 2,302 | 2,302 | 2,302 |
| DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³) | 2.25 | 2.29 | 2.18 | 2.23 | 2.08 | 2.19 |
| CAPSULA Nº | 11 | 23 | 16 | 22 | 33 | 17 |
| PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (g) | 79.61 | 123.44 | 131.19 | 114.42 | 109.35 | 140.51 |
| PESO CAPSULA + SUELO SECO (g) | 74.03 | 116.38 | 124.77 | 106.76 | 104.42 | 130.36 |
| PESO DE AGUA CONTENIDA (g) | 5.58 | 7.06 | 6.42 | 7.66 | 4.93 | 10.15 |
| PESO DE CAPSULA (g) | 19.40 | 55.15 | 64.45 | 46.41 | 56.48 | 63.16 |
| PESO DE SUELO SECO (g) | 54.63 | 61.23 | 60.32 | 60.35 | 47.9 | 67.2 |
| HUMEDAD (%) | 10.21% | 11.53% | 10.64% | 12.69% | 10.28% | 15.10% |
| DENSIDAD SECA (g/cm ³) | 2.04 | 2.05 | 1.97 | 1.98 | 1.89 | 1.90 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|-------|------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|-------|
| | | | | mm. | % | | mm. | % | | mm. | % |
| | | 0 hrs | 0.000 | | | 0.000 | | | 0.000 | | 0.000 |
| | | 24 hrs | 1.225 | 1.225 | 1.05 | 1.452 | 1.452 | 1.25 | 1.780 | 1.780 | 1.53 |
| | | 48 hrs | 1.330 | 1.330 | 1.14 | 1.600 | 1.600 | 1.38 | 1.795 | 1.795 | 1.54 |
| | | 72 hrs | 1.377 | 1.377 | 1.18 | 1.665 | 1.665 | 1.43 | 1.820 | 1.820 | 1.56 |
| | | 96 hrs | 1.413 | 1.413 | 1.21 | 1.724 | 1.724 | 1.48 | 1.855 | 1.855 | 1.60 |

PENETRACION

| PENETRACION pulg. | CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg ²) | MOLDE Nº 7 | | | | MOLDE Nº 21 | | | | MOLDE Nº 10 | | | |
|----------------------|---|------------|--------|-----------------------|-------|-------------|--------|-----------------------|-------|-------------|-------|-----------------------|---|
| | | CARGA | | CORECCION | | CARGA | | CORECCION | | CARGA | | CORECCION | |
| | | Lectura | lbs | lbs/pulg ² | % | Lectura | lbs | lbs/pulg ² | % | Lectura | lbs | lbs/pulg ² | % |
| 0.020 | | 72.30 | 159.1 | 53.00 | | 58.60 | 128.9 | 43.00 | | 35.50 | 78.1 | 26.00 | |
| 0.040 | | 150.00 | 330.0 | 110.00 | | 122.70 | 269.9 | 90.00 | | 73.60 | 161.9 | 54.00 | |
| 0.060 | | 219.50 | 482.9 | 161.00 | | 178.60 | 392.9 | 131.00 | | 107.70 | 236.9 | 79.00 | |
| 0.080 | | 287.70 | 632.9 | 211.00 | | 234.50 | 515.9 | 172.00 | | 140.50 | 309.1 | 103.00 | |
| 0.100 | 1000 | 360.00 | 792.0 | 264.00 | 26.40 | 293.20 | 645 | 215.00 | 21.50 | 175.90 | 387.0 | 129.00 | |
| 0.200 | 1500 | 586.40 | 1290.1 | 430.00 | | 477.30 | 1050.1 | 350.00 | | 286.40 | 630.1 | 210.00 | |
| 0.300 | | 744.50 | 1637.9 | 546.00 | | 606.80 | 1335 | 445.00 | | 364.10 | 801 | 267.00 | |
| 0.400 | | 827.70 | 1820.9 | 607.00 | | 675.00 | 1485 | 495.00 | | 422.70 | 929.9 | 310.00 | |
| 0.500 | | 900.00 | 1980.0 | 660.00 | | 733.60 | 1613.9 | 538.00 | | 440.50 | 969.1 | 323.00 | |

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO

SOLICITANTE : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

TESIS MAESTRIA : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION
DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

LUGAR : C - 05 - M I

MUESTRA : TERRENO NATURAL

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50 m.

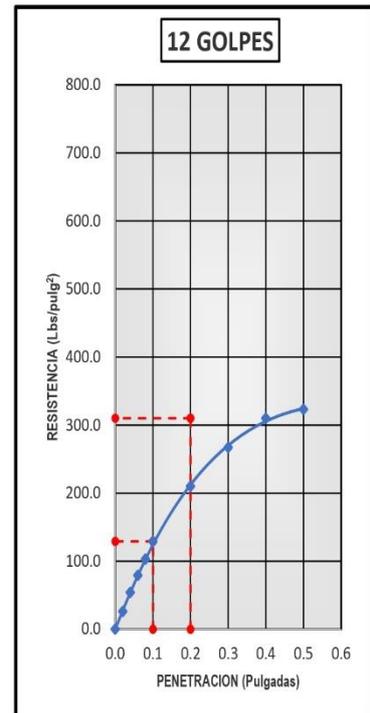
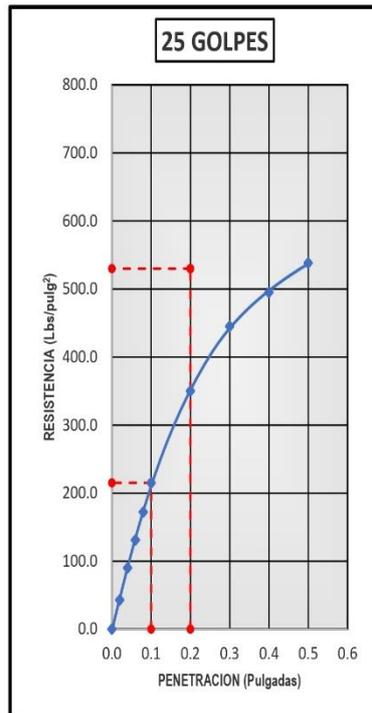
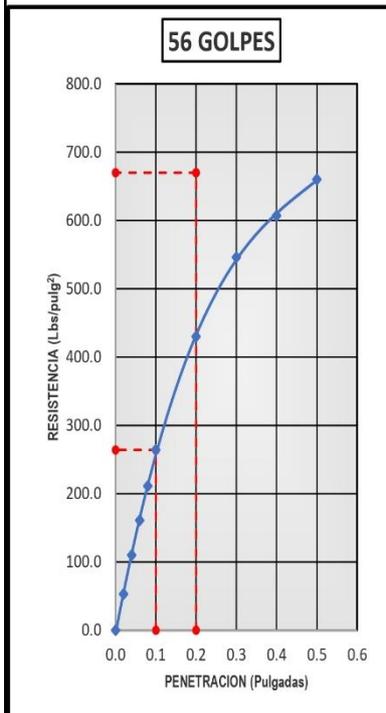
FECHA : 29 DE MARZO DEL 2023

DATOS DEL PROCTOR

| | |
|---------------------------------------|--------|
| Densidad Máxima (gr/cm ³) | 2.04 |
| Humedad Optima (%) | 10.21% |

DATOS DEL C.B.R.

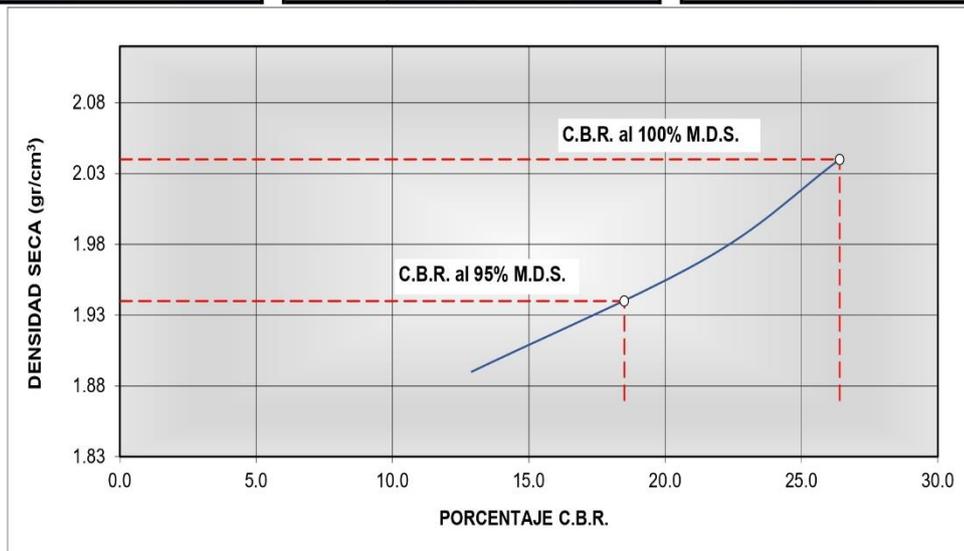
| | |
|------------------------------|-------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 26.40 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 18.50 |



Carga (1^o): 264Lbs/pulg2 Carga (2^o): 670Lbs/pulg2

Carga (1^o): 215Lbs/pulg2 Carga (2^o): 530Lbs/pulg2

Carga (1^o): 129Lbs/pulg2 Carga (2^o): 310Lbs/pulg2



**Anexo 10. RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD CON ADICIÓN DE
CENIZA**

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

ASTM D 2216

AUTORES : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ
PROYECTO DE TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA
UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA
CALICATA : C - 04 TERRENO NATURAL + 2 % C.C.A.
PROF. : 0.00 - 1.50 m.
FECHA : 30 DE MAYO DEL 2023

| Muestra N° | M - 1 | M - 2 | | | | |
|-----------------------------------|--------------|--------|--|--|--|--|
| N° Recipiente | 3 | 5 | | | | |
| 1- Peso Suelo Húmedo + Recipiente | 266.10 | 266.30 | | | | |
| 2- Peso Suelo Seco + Recipiente | 243.72 | 243.31 | | | | |
| 3- Peso del Agua | 22.38 | 22.99 | | | | |
| 4- Peso Recipiente | 15.48 | 13.18 | | | | |
| 5- Peso Suelo Seco | 228.24 | 230.13 | | | | |
| 6- Porcentaje de Humedad | 9.81% | 9.99% | | | | |
| PROMEDIO: | 9.90% | | | | | |

OBSERVACIONES:

.....

.....

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

ASTM D 2216

AUTORES : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ
PROYECTO DE TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA
UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA
CALICATA : C - 04 TERRENO NATURAL + 4 % C.C.A.
PROF. : 0.00 - 1.50 m.
FECHA : 30 DE MAYO DEL 2023

| Muestra N° | M - 1 | M - 2 | | | | |
|-----------------------------------|--------------|--------|--|--|--|--|
| N° Recipiente | 10 | 12 | | | | |
| 1- Peso Suelo Húmedo + Recipiente | 268.21 | 268.18 | | | | |
| 2- Peso Suelo Seco + Recipiente | 247.05 | 247.11 | | | | |
| 3- Peso del Agua | 21.16 | 21.07 | | | | |
| 4- Peso Recipiente | 12.03 | 12.99 | | | | |
| 5- Peso Suelo Seco | 235.02 | 234.12 | | | | |
| 6- Porcentaje de Humedad | 9.00% | 9.00% | | | | |
| PROMEDIO: | 9.00% | | | | | |

OBSERVACIONES:

.....

.....

Fecha: INECCOPI N° 00400470

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

ASTM D 2216

AUTORES : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ
PROYECTO DE TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA
UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA
CALICATA : C - 04 TERRENO NATURAL + 5 % C.C.A.
PROF. : 0.00 - 1.50 m.
FECHA : 30 DE MAYO DEL 2023

| Muestra N° | M - 1 | M - 2 | | | | |
|-----------------------------------|--------------|--------|--|--|--|--|
| N° Recipiente | 1 | 2 | | | | |
| 1- Peso Suelo Húmedo + Recipiente | 270.10 | 270.39 | | | | |
| 2- Peso Suelo Seco + Recipiente | 250.00 | 250.05 | | | | |
| 3- Peso del Agua | 20.10 | 20.34 | | | | |
| 4- Peso Recipiente | 12.66 | 14.28 | | | | |
| 5- Peso Suelo Seco | 237.34 | 235.77 | | | | |
| 6- Porcentaje de Humedad | 8.47% | 8.63% | | | | |
| PROMEDIO: | 8.55% | | | | | |

OBSERVACIONES:

.....

.....

Revista INDECOPI N° 00120178

**Anexo 11. RESULTADOS DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO CON ADICIÓN DE
CENIZA**

METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO
NTP 339.128 (ASTM-D422)

AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

PROY. TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION
 DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

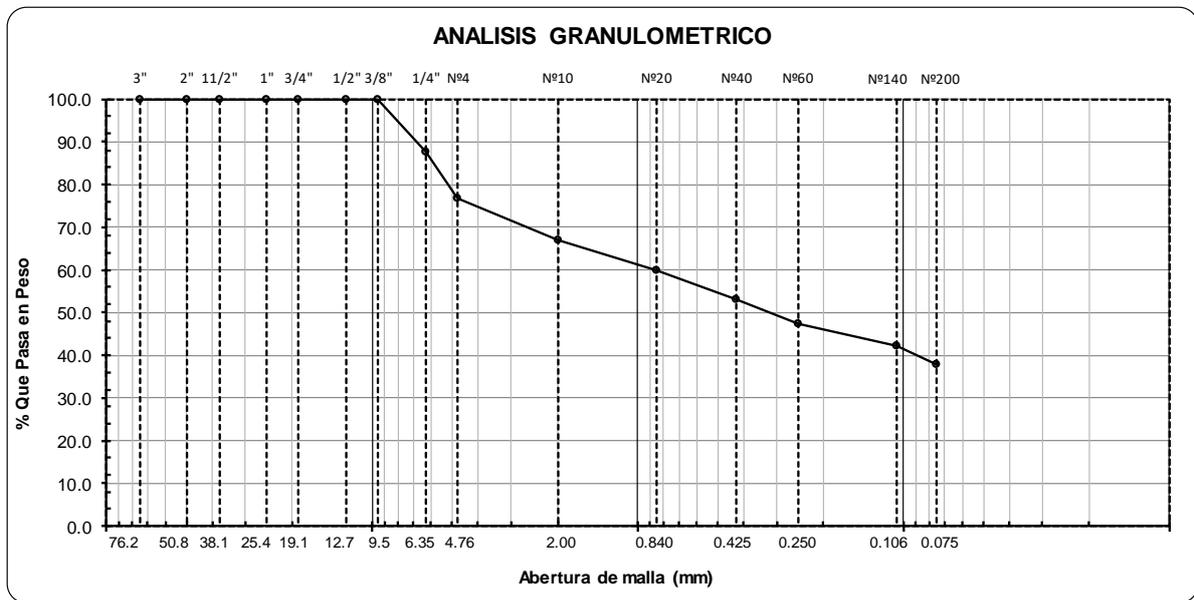
UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

CALICATA : C 04 TERRENO NATURAL + 2 % C.C.A.

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50 m.

FECHA : JAEN, 30 DE MAYO DEL 2023

| ABERTURA MALLA | | PESO RETENIDO | % RETENIDO PARCIAL | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|----------------------------------|
| (Pul) | (mm) | | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | PESO INICIAL : 124.27 g. |
| 2" | 50.800 | | | | | PESO LAVADO : 46.90 g. |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | LIMITE LIQUIDO : 12.00 % |
| 3/4" | 19.050 | | | | | LIMITE PLASTICO : 2.00 % |
| 1/2" | 12.700 | | | | | INDICE PLASTICIDAD: 10.00 % |
| 3/8" | 9.525 | | | | 100.0 | |
| 1/4" | 6.350 | 15.22 | 12.3 | 12.3 | 87.8 | CLASF. AASHTO : A - 6 (1) |
| Nº 04 | 4.760 | 13.60 | 10.9 | 23.2 | 76.8 | CLASF. SUCS : SC |
| Nº 10 | 2.000 | 12.05 | 9.7 | 32.9 | 67.1 | Descripción el Suelo |
| Nº 20 | 0.840 | 9.11 | 7.3 | 40.2 | 59.8 | Fracción de Grava = 23.19 % |
| Nº 40 | 0.425 | 8.44 | 6.8 | 47.0 | 53.0 | Fracción de Arena = 39.07 % |
| Nº 60 | 0.250 | 7.05 | 5.7 | 52.7 | 47.3 | Fracción de Finos = 37.74 % |
| Nº 100 | 0.150 | 6.35 | 5.1 | 57.8 | 42.2 | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
| Nº 200 | 0.075 | 5.55 | 4.5 | 62.3 | 37.7 | Arena arcillosa con grava |
| < Nº 200 | FONDO | 46.90 | 37.7 | 100.0 | 0.0 | |



METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO
NTP 339.128 (ASTM-D422)

AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

PROY. TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION
 DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

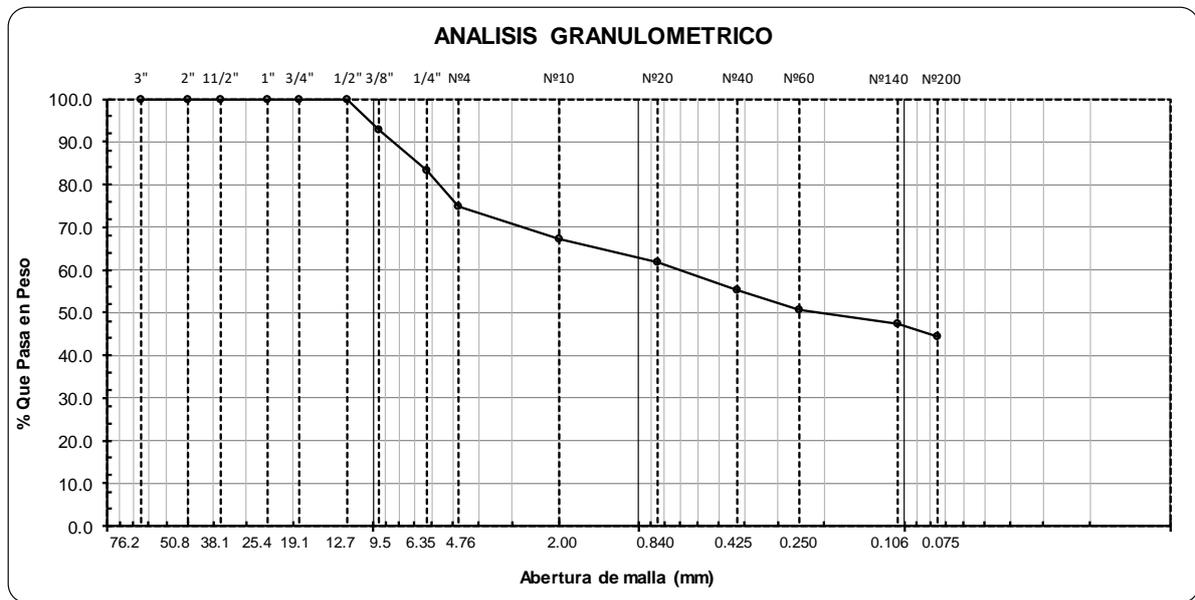
UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

CALICATA : C 04 TERRENO NATURAL + 4 % C.C.A.

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50 m.

FECHA : JAEN, 30 DE MAYO DEL 2023

| ABERTURA MALLA | | PESO RETENIDO | % RETENIDO PARCIAL | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|----------------------------------|
| (Pul) | (mm) | | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | PESO INICIAL : 148.54 g. |
| 2" | 50.800 | | | | | PESO LAVADO : 66.12 g. |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | LIMITE LIQUIDO : 12.00 % |
| 3/4" | 19.050 | | | | | LIMITE PLASTICO : 4.00 % |
| 1/2" | 12.700 | | | | | INDICE PLASTICIDAD: 8.00 % |
| 3/8" | 9.525 | | | | 92.9 | |
| 1/4" | 6.350 | 14.20 | 9.6 | 16.6 | 83.4 | CLASF. AASHTO : A - 6 (1) |
| Nº 04 | 4.760 | 12.66 | 8.5 | 25.2 | 74.9 | CLASF. SUCS : SC |
| Nº 10 | 2.000 | 11.20 | 7.5 | 32.7 | 67.3 | Descripción el Suelo |
| Nº 20 | 0.840 | 8.11 | 5.5 | 38.2 | 61.9 | Fracción de Grava = 25.15 % |
| Nº 40 | 0.425 | 9.66 | 6.5 | 44.7 | 55.4 | Fracción de Arena = 30.34 % |
| Nº 60 | 0.250 | 6.77 | 4.6 | 49.2 | 50.8 | Fracción de Finos = 44.51 % |
| Nº 100 | 0.150 | 5.21 | 3.5 | 52.7 | 47.3 | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
| Nº 200 | 0.075 | 4.11 | 2.8 | 55.5 | 44.5 | <i>Arena arcillosa con grava</i> |
| < Nº 200 | FONDO | 66.12 | 44.5 | 100.0 | 0.0 | |



METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO
NTP 339.128 (ASTM-D422)

AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

PROY. TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION
 DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

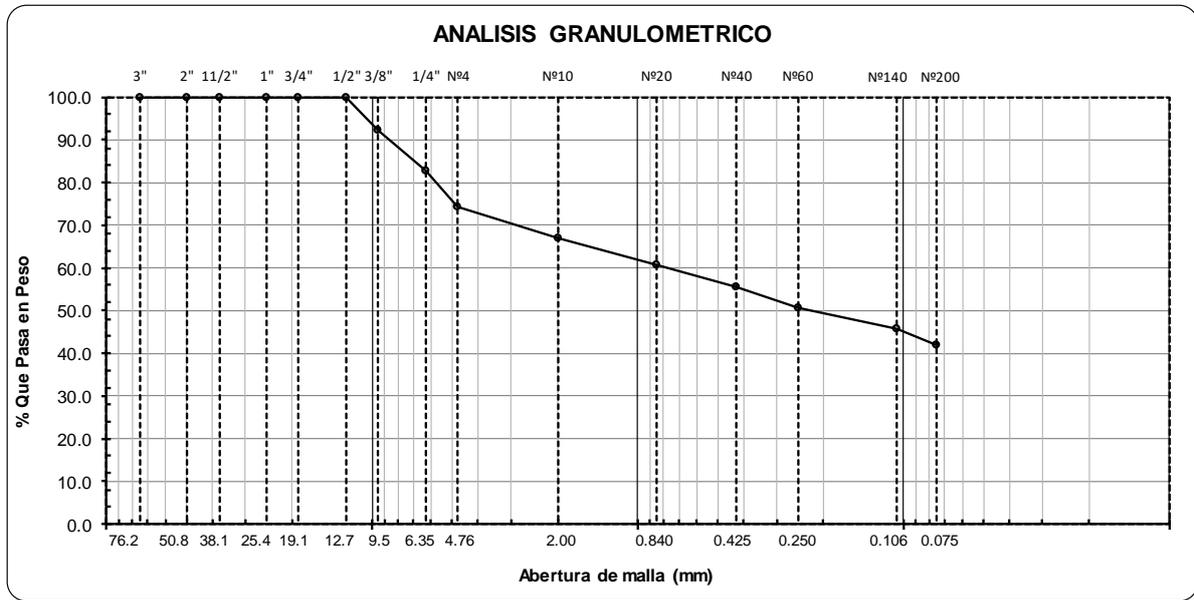
UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

CALICATA : C 04 TERRENO NATURAL + 5 % C.C.A.

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50 m.

FECHA : JAEN, 30 DE MAYO DEL 2023

| ABERTURA MALLA | | PESO RETENIDO | % RETENIDO PARCIAL | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|--|
| (Pul) | (mm) | | | | | |
| 3" | 76.200 | | | | | PESO INICIAL : 144.84 g. |
| 2" | 50.800 | | | | | PESO LAVADO : 60.80 g. |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | LIMITE LIQUIDO : 11.00 % |
| 3/4" | 19.050 | | | | | LIMITE PLASTICO : 4.00 % |
| 1/2" | 12.700 | | | | | INDICE PLASTICIDAD: 7.00 % |
| 3/8" | 9.525 | | | | 92.2 | |
| 1/4" | 6.350 | 13.80 | 9.5 | 17.4 | 82.6 | CLASF. AASHTO : A - 6 (1) |
| Nº 04 | 4.760 | 12.05 | 8.3 | 25.7 | 74.3 | CLASF. SUCS : SC |
| Nº 10 | 2.000 | 10.44 | 7.2 | 32.9 | 67.1 | Descripción el Suelo |
| Nº 20 | 0.840 | 9.36 | 6.5 | 39.4 | 60.6 | Fracción de Grava = 25.69 % |
| Nº 40 | 0.425 | 7.48 | 5.2 | 44.5 | 55.5 | Fracción de Arena = 32.34 % |
| Nº 60 | 0.250 | 7.11 | 4.9 | 49.4 | 50.6 | Fracción de Finos = 41.97 % |
| Nº 100 | 0.150 | 6.95 | 4.8 | 54.2 | 45.8 | DESCRIPCION DE LA MUESTRA <i>Arena arcillosa con grava</i> |
| Nº 200 | 0.075 | 5.50 | 3.8 | 58.0 | 42.0 | |
| < Nº 200 | FONDO | 60.80 | 42.0 | 100.0 | 0.0 | |



**Anexo 12. RESULTADOS DE LÍMITES DE ATTERBERG CON ADICIÓN DE
CENIZA**

LIMITES DE ATTERBERG

ASTM D-4318 - MTC - E - 111

AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

PROY. TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

FECHA : 30 DE MAYO DEL 2023

CALICATA : C - 04 TERRENO NATURAL + 2 % C.C.A.

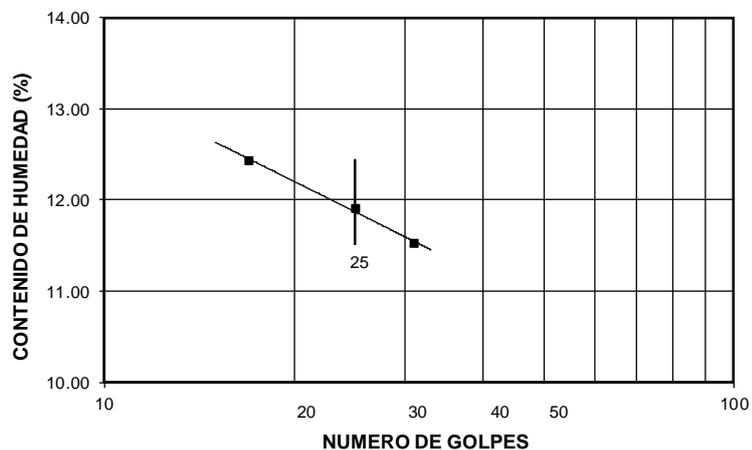
LIMITE LIQUIDO

| MUESTRA Nº | M - 1 | | | --- | | |
|----------------------------------|-------------|-------|-------|-----|-----|-----|
| PROFUNDIDAD (m) | 0.00 - 1.50 | | | --- | | |
| Número de golpes | 17 | 25 | 31 | --- | --- | --- |
| 1. Recipiente Nº | 2 | 3 | 4 | --- | --- | --- |
| 2. Peso suelo húmedo + Tara (gr) | 36.24 | 39.88 | 42.60 | --- | --- | --- |
| 3. Peso suelo seco + Tara (gr) | 33.81 | 37.29 | 39.81 | --- | --- | --- |
| 4. Peso de la Tara (gr) | 14.28 | 15.48 | 15.64 | --- | --- | --- |
| 5. Peso del agua (gr) | 2.43 | 2.59 | 2.79 | --- | --- | --- |
| 6. Peso del suelo seco (gr) | 19.53 | 21.81 | 24.17 | --- | --- | --- |
| 7. Humedad (%) | 12.44 | 11.88 | 11.54 | --- | --- | --- |

LIMITE PLASTICO

| MUESTRA Nº | M - 1 | | | --- | | |
|----------------------------------|-------------|-------|-----|-----|-----|-----|
| PROFUNDIDAD (m) | 0.00 - 1.50 | | | --- | | |
| 1. Recipiente Nº | 6 | 8 | --- | --- | --- | --- |
| 2. Peso suelo húmedo + Tara (gr) | 17.19 | 17.29 | --- | --- | --- | --- |
| 3. Peso suelo seco + Tara (gr) | 17.08 | 17.18 | --- | --- | --- | --- |
| 4. Peso de la Tara (gr) | 12.10 | 12.12 | --- | --- | --- | --- |
| 5. Peso del agua (gr) | 0.11 | 0.11 | --- | --- | --- | --- |
| 6. Peso del suelo seco (gr) | 4.98 | 5.06 | --- | --- | --- | --- |
| 7. Humedad (%) | 2.21 | 2.17 | --- | --- | --- | --- |

GRAFICO DEL LIMITE LIQUIDO



| MUESTRA | | |
|---------|-------|-----|
| | M - 1 | --- |
| L.L. | 12.00 | --- |
| L.P. | 2.00 | --- |
| I.P. | 10.00 | --- |

| CLASIFICACION | | |
|---------------|------|-----------|
| MUESTRA | SUCS | AASHTO |
| | SC | A - 6 (1) |
| | | |

LIMITES DE ATTERBERG

ASTM D-4318 - MTC - E - 111

AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

PROY. TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

FECHA : 30 DE MAYO DEL 2023

CALICATA : C- 04 TERRENO NATURAL + 4 % C.C.A.

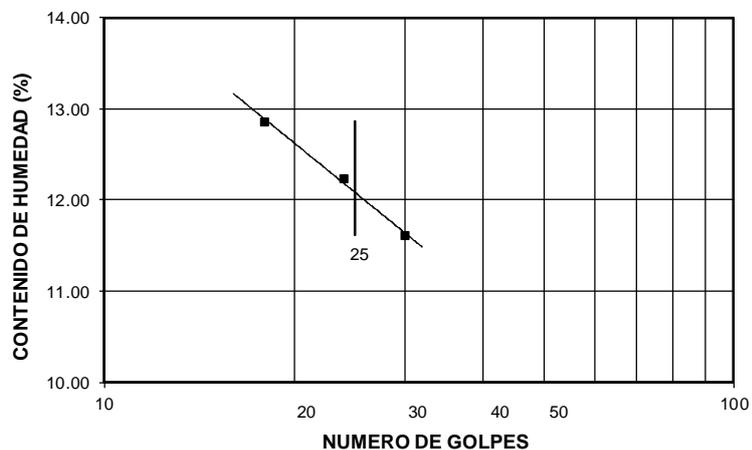
LIMITE LIQUIDO

| MUESTRA Nº | M - 1 | | | --- | | |
|----------------------------------|-------------|-------|-------|-----|-----|-----|
| PROFUNDIDAD (m) | 0.00 - 1.50 | | | --- | | |
| Número de golpes | 18 | 24 | 30 | --- | --- | --- |
| 1. Recipiente Nº | 1 | 10 | 12 | --- | --- | --- |
| 2. Peso suelo húmedo + Tara (gr) | 36.47 | 38.31 | 42.60 | --- | --- | --- |
| 3. Peso suelo seco + Tara (gr) | 33.77 | 35.42 | 39.81 | --- | --- | --- |
| 4. Peso de la Tara (gr) | 12.66 | 12.03 | 15.64 | --- | --- | --- |
| 5. Peso del agua (gr) | 2.70 | 2.89 | 2.79 | --- | --- | --- |
| 6. Peso del suelo seco (gr) | 21.11 | 23.39 | 24.17 | --- | --- | --- |
| 7. Humedad (%) | 12.79 | 12.36 | 11.54 | --- | --- | --- |

LIMITE PLASTICO

| MUESTRA Nº | M - 1 | | | --- | | |
|----------------------------------|-------------|-------|-----|-----|-----|-----|
| PROFUNDIDAD (m) | 0.00 - 1.50 | | | --- | | |
| 1. Recipiente Nº | 13 | 9 | --- | --- | --- | --- |
| 2. Peso suelo húmedo + Tara (gr) | 17.19 | 17.03 | --- | --- | --- | --- |
| 3. Peso suelo seco + Tara (gr) | 17.13 | 16.97 | --- | --- | --- | --- |
| 4. Peso de la Tara (gr) | 15.43 | 15.29 | --- | --- | --- | --- |
| 5. Peso del agua (gr) | 0.06 | 0.06 | --- | --- | --- | --- |
| 6. Peso del suelo seco (gr) | 1.70 | 1.68 | --- | --- | --- | --- |
| 7. Humedad (%) | 3.53 | 3.57 | --- | --- | --- | --- |

GRAFICO DEL LIMITE LIQUIDO



| MUESTRA | | |
|---------|-------|-----|
| | M - 1 | --- |
| L.L. | 12.00 | --- |
| L.P. | 4.00 | --- |
| I.P. | 8.00 | --- |

| CLASIFICACION | | |
|---------------|------|-----------|
| MUESTRA | SUCS | AASHTO |
| | SC | A - 6 (1) |
| | | |

LIMITES DE ATTERBERG

ASTM D-4318 - MTC - E - 111

AUTOR : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

PROY. TESIS : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

FECHA : 30 DE MAYO DEL 2023

CALICATA : C- 04 TERRENO NATURAL + 5 % C.C.A.

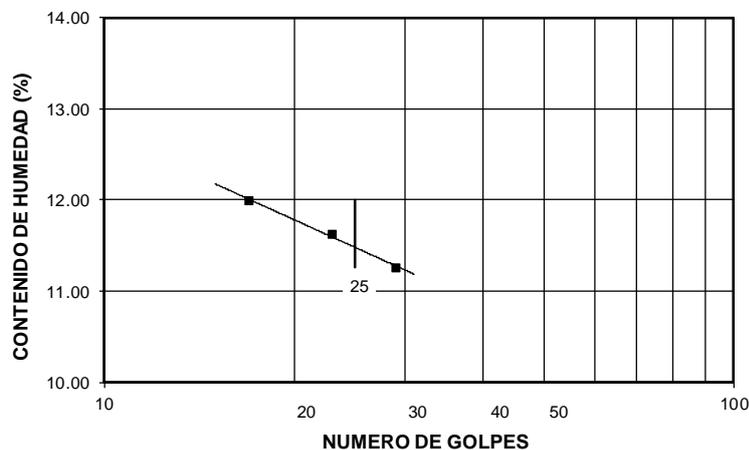
LIMITE LIQUIDO

| MUESTRA Nº | M - 1 | | | --- | | |
|----------------------------------|-------------|-------|-------|-----|-----|-----|
| PROFUNDIDAD (m) | 0.00 - 1.50 | | | --- | | |
| Número de golpes | 17 | 23 | 29 | --- | --- | --- |
| 1. Recipiente Nº | 1 | 10 | 12 | --- | --- | --- |
| 2. Peso suelo húmedo + Tara (gr) | 36.35 | 38.17 | 41.69 | --- | --- | --- |
| 3. Peso suelo seco + Tara (gr) | 33.81 | 35.46 | 38.78 | --- | --- | --- |
| 4. Peso de la Tara (gr) | 12.66 | 12.03 | 12.99 | --- | --- | --- |
| 5. Peso del agua (gr) | 2.54 | 2.71 | 2.91 | --- | --- | --- |
| 6. Peso del suelo seco (gr) | 21.15 | 23.43 | 25.79 | --- | --- | --- |
| 7. Humedad (%) | 12.01 | 11.57 | 11.28 | --- | --- | --- |

LIMITE PLASTICO

| MUESTRA Nº | M - 1 | | | --- | | |
|----------------------------------|-------------|-------|-----|-----|-----|-----|
| PROFUNDIDAD (m) | 0.00 - 1.50 | | | --- | | |
| 1. Recipiente Nº | 13 | 10 | --- | --- | --- | --- |
| 2. Peso suelo húmedo + Tara (gr) | 17.19 | 17.31 | --- | --- | --- | --- |
| 3. Peso suelo seco + Tara (gr) | 17.13 | 17.24 | --- | --- | --- | --- |
| 4. Peso de la Tara (gr) | 15.41 | 15.25 | --- | --- | --- | --- |
| 5. Peso del agua (gr) | 0.06 | 0.07 | --- | --- | --- | --- |
| 6. Peso del suelo seco (gr) | 1.72 | 1.99 | --- | --- | --- | --- |
| 7. Humedad (%) | 3.49 | 3.52 | --- | --- | --- | --- |

GRAFICO DEL LIMITE LIQUIDO



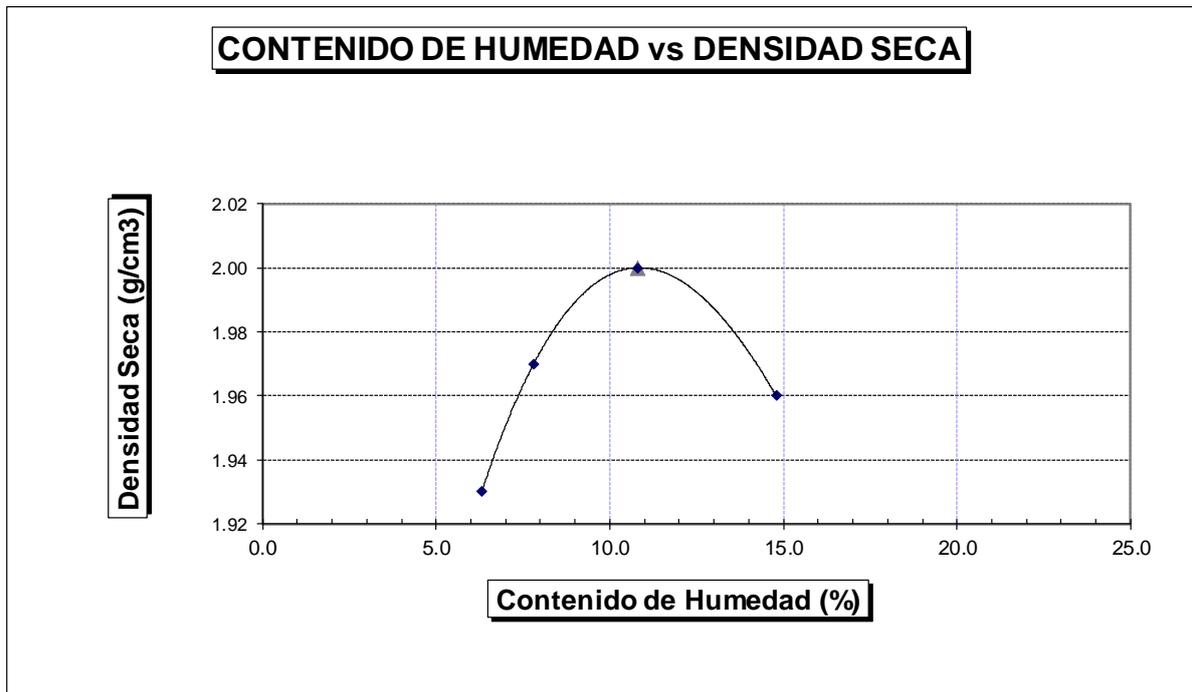
| MUESTRA | | |
|---------|-------|-----|
| | M - 1 | --- |
| L.L. | 11.00 | --- |
| L.P. | 4.00 | --- |
| I.P. | 7.00 | --- |

| CLASIFICACION | | |
|---------------|------|-----------|
| MUESTRA | SUCS | AASHTO |
| | SC | A - 6 (1) |
| | | |

Anexo 13. RESULTADOS DE PROTOR CON ADICIÓN DE CENIZA

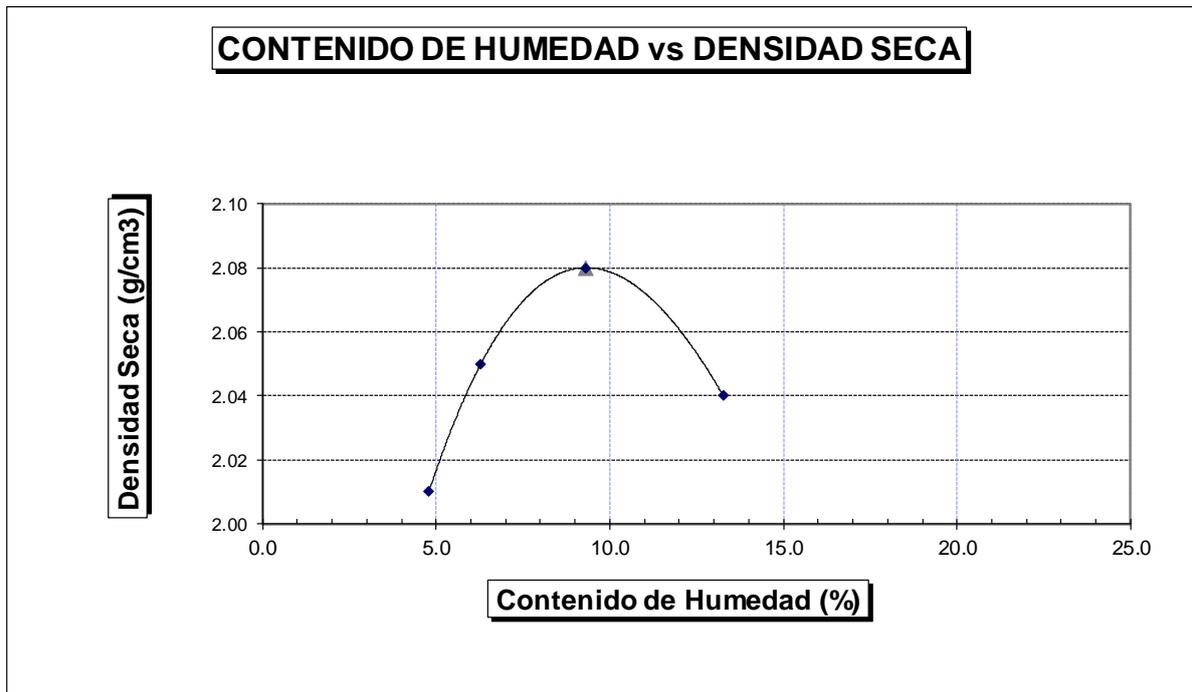
| | | | | | |
|--------------------------------|---|-------------------------|-----------------------------------|-------|------------------|
| AUTORES | : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ | | | | |
| PROYECTO DE TESIS | : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA | | | | |
| UBICACIÓN | : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA | | | | |
| CANTERA | : C - 04 TERRENO NATURAL + 2 % C.C.A | | | | |
| PROCTOR MODIFICADO | | TERRENO NATURAL | | | |
| | | FECHA: | FECHA: 30 DE MAYO DEL 2023 | | |
| MOLDE N° | : | | | | |
| VOLUMEN | : | 2135 | cm ³ | --- | pie ³ |
| METODO DE COMPACTACION | : | AASHTO T - 180 D | | | |
| - Peso Suelo Húmedo + Molde | (g) | 6822 | 6971 | 7185 | 7249 |
| - Peso de Molde | (g) | 2445 | 2445 | 2445 | 2445 |
| - Peso Suelo Húmedo Compactado | (g) | 4377 | 4526 | 4740 | 4804 |
| - Peso Volumétrico Húmedo | (g) | 2.05 | 2.12 | 2.22 | 2.25 |
| - Recipiente N° | | 1 | 2 | 5 | 6 |
| - Peso de Suelo Húmedo + Tara | (g) | 49.87 | 52.63 | 54.49 | 55.55 |
| - Peso de Suelo Seco + Tara | (g) | 47.66 | 49.85 | 50.46 | 49.95 |
| - Tara | (g) | 12.66 | 14.28 | 13.18 | 12.10 |
| - Peso de Agua | (g) | 2.21 | 2.78 | 4.03 | 5.60 |
| - Peso de Suelo Seco | (g) | 35.00 | 35.57 | 37.28 | 37.85 |
| - Contenido de agua | (%) | 6.3 | 7.8 | 10.82 | 14.8 |
| - Peso Volumétrico Seco | (g/cm ³) | 1.93 | 1.97 | 2.00 | 1.96 |

Máxima Densidad Seca : **2.00 gr/cm³**
Óptimo Contenido de Humedad : **10.82 %**



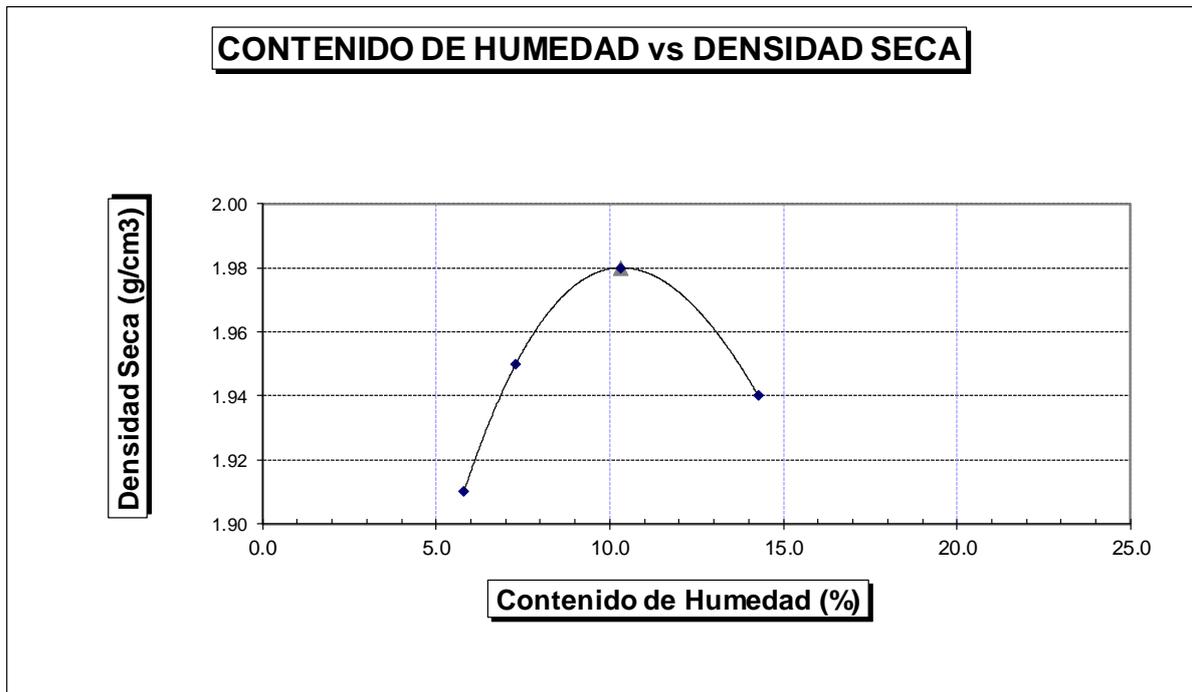
| | | | | | |
|---|---|-------|------------------------|----------------------------|--|
| AUTORES | : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ | | | | |
| PROYECTO DE TESIS | : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA | | | | |
| UBICACIÓN | : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA | | | | |
| CANTERA | : C - 04 TERRENO NATURAL + 4 % C.C.A | | | | |
| PROCTOR MODIFICADO | | | TERRENO NATURAL | | |
| | | | FECHA: | FECHA: 30 DE MAYO DEL 2023 | |
| MOLDE N° | : | | | | |
| VOLUMEN | : 2135 cm ³ --- pie ³ | | | | |
| METODO DE COMPACTACION | : AASHTO T - 180 D | | | | |
| .- Peso Suelo Húmedo + Molde (g) | 6950 | 7099 | 7291 | 7377 | |
| .- Peso de Molde (g) | 2445 | 2445 | 2445 | 2445 | |
| .- Peso Suelo Húmedo Compactado (g) | 4505 | 4654 | 4846 | 4932 | |
| .- Peso Volumétrico Húmedo (g) | 2.11 | 2.18 | 2.27 | 2.31 | |
| .- Recipiente N° | 3 | 10 | 12 | 13 | |
| .- Peso de Suelo Húmedo + Tara (g) | 53.35 | 54.08 | 56.85 | 61.51 | |
| .- Peso de Suelo Seco + Tara (g) | 51.62 | 51.59 | 53.12 | 56.11 | |
| .- Tara (g) | 15.48 | 12.03 | 12.99 | 15.41 | |
| .- Peso de Agua (g) | 1.73 | 2.49 | 3.73 | 5.40 | |
| .- Peso de Suelo Seco (g) | 36.14 | 39.56 | 40.13 | 40.70 | |
| .- Contenido de agua (%) | 4.8 | 6.3 | 9.30 | 13.3 | |
| .- Peso Volumétrico Seco (g/cm ³) | 2.01 | 2.05 | 2.08 | 2.04 | |

Máxima Densidad Seca : **2.08 gr/cm³**
Optimo Contenido de Humedad : **9.30 %**



| | | | | | |
|--------------------------------|---|-------------------------|-----------------------------------|-------|------------------|
| AUTORES | : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ | | | | |
| PROYECTO DE TESIS | : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA | | | | |
| UBICACIÓN | : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA | | | | |
| CANTERA | : C - 04 TERRENO NATURAL + 5 % C.C.A | | | | |
| PROCTOR MODIFICADO | | TERRENO NATURAL | | | |
| | | FECHA: | FECHA: 30 DE MAYO DEL 2023 | | |
| MOLDE N° | : | | | | |
| VOLUMEN | : | 2135 | cm ³ | --- | pie ³ |
| METODO DE COMPACTACION | : | AASHTO T - 180 D | | | |
| - Peso Suelo Húmedo + Molde | (g) | 6758 | 6907 | 7099 | 7185 |
| - Peso de Molde | (g) | 2445 | 2445 | 2445 | 2445 |
| - Peso Suelo Húmedo Compactado | (g) | 4313 | 4462 | 4654 | 4740 |
| - Peso Volumétrico Húmedo | (g) | 2.02 | 2.09 | 2.18 | 2.22 |
| - Recipiente N° | | 4 | 5 | 6 | 7 |
| - Peso de Suelo Húmedo + Tara | (g) | 54.48 | 53.18 | 53.85 | 58.97 |
| - Peso de Suelo Seco + Tara | (g) | 52.35 | 50.46 | 49.95 | 53.48 |
| - Tara | (g) | 15.64 | 13.18 | 12.10 | 15.06 |
| - Peso de Agua | (g) | 2.13 | 2.72 | 3.90 | 5.49 |
| - Peso de Suelo Seco | (g) | 36.71 | 37.28 | 37.85 | 38.42 |
| - Contenido de agua | (%) | 5.8 | 7.3 | 10.31 | 14.3 |
| - Peso Volumétrico Seco | (g/cm ³) | 1.91 | 1.95 | 1.98 | 1.94 |

Máxima Densidad Seca : 1.98 gr/cm³
Optimo Contenido de Humedad : 10.31 %



Anexo 14. RESULTADOS DE CBR CON ADICIÓN DE CENIZA

C
MTC - E - 132

SOLICITANTE : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ
TESIS MAESTRIA : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA
UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA
LUGAR : C - 04 - TERRENO NATURAL + 2% C.C.A.
MUESTRA : TERRENO NATURAL **PROFUNDIDAD:** 0.00 - 1.50 m.
FECHA : 30 DE MAYO DEL 2023

C.B.R.

| MOLDE Nº | 7 | | 21 | | 10 | |
|--------------------------------------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| CAPAS Nº | 5 | | 5 | | 5 | |
| Nº DE GOLPES POR CAPA | 56 | | 25 | | 12 | |
| CONDICION DE MUESTRA | SIN MOJAR | MOJADA | SIN MOJAR | MOJADA | SIN MOJAR | MOJADA |
| PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g) | 10,301 | 10,391 | 10,290 | 10,408 | 9,931 | 10,164 |
| PESO DEL MOLDE (g) | 5,029 | 5,029 | 5,348 | 5,348 | 5,210 | 5,210 |
| PESO DEL SUELO HUMEDO (g) | 5272 | 5362 | 4942 | 5060 | 4721 | 4954 |
| VOLUMEN DEL SUELO (cm ³) | 2,379 | 2,379 | 2,302 | 2,302 | 2,302 | 2,302 |
| DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³) | 2.22 | 2.25 | 2.15 | 2.2 | 2.05 | 2.15 |
| CAPSULA Nº | 11 | 23 | 16 | 22 | 33 | 17 |
| PESO CAPSULA + SUELO HUMED(g) | 79.94 | 123.81 | 131.55 | 114.78 | 109.64 | 140.92 |
| PESO CAPSULA + SUELO SECO (g) | 74.03 | 116.38 | 124.77 | 106.76 | 104.42 | 130.36 |
| PESO DE AGUA CONTENIDA (g) | 5.91 | 7.43 | 6.78 | 8.02 | 5.22 | 10.56 |
| PESO DE CAPSULA (g) | 19.40 | 55.15 | 64.45 | 46.41 | 56.48 | 63.16 |
| PESO DE SUELO SECO (g) | 54.63 | 61.23 | 60.32 | 60.35 | 47.9 | 67.2 |
| HUMEDAD (%) | 10.82% | 12.13% | 11.24% | 13.29% | 10.89% | 15.71% |
| DENSIDAD SECA (g/cm ³) | 2.00 | 2.01 | 1.93 | 1.94 | 1.85 | 1.86 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|-------|------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|-------|
| | | | | mm. | % | | mm. | % | | mm. | % |
| | | 0 hrs | 0.000 | | | 0.000 | | | 0.000 | | 0.000 |
| | | 24 hrs | 1.822 | 1.822 | 1.57 | 1.915 | 1.915 | 1.65 | 1.744 | 1.744 | 1.50 |
| | | 48 hrs | 1.831 | 4.230 | 3.64 | 1.930 | 1.930 | 1.66 | 1.765 | 1.765 | 1.52 |
| | | 72 hrs | 1.860 | 1.860 | 1.60 | 1.950 | 1.950 | 1.68 | 1.785 | 1.785 | 1.53 |
| | | 96 hrs | 1.895 | 1.895 | 1.63 | 1.966 | 1.966 | 1.69 | 1.791 | 1.791 | 1.54 |

PENETRACION

| PENETRACION pulg. | CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg ²) | MOLDE Nº 7 | | | | MOLDE Nº 21 | | | | MOLDE Nº 10 | | | |
|----------------------|---|------------|--------|-----------------------|-------|-------------|-------|-----------------------|-------|-------------|-------|-----------------------|------|
| | | CARGA | | CORECCION | | CARGA | | CORECCION | | CARGA | | CORECCION | |
| | | Lectura | lbs | lbs/pulg ² | % | Lectura | lbs | lbs/pulg ² | % | Lectura | lbs | lbs/pulg ² | % |
| 0.020 | | 42.30 | 93.1 | 31.00 | | 34.10 | 75 | 25.00 | | 20.50 | 45.1 | 15.00 | |
| 0.040 | | 88.60 | 194.9 | 65.00 | | 72.30 | 159.1 | 53.00 | | 43.60 | 95.9 | 32.00 | |
| 0.060 | | 129.50 | 284.9 | 95.00 | | 105.00 | 231 | 77.00 | | 62.70 | 137.9 | 46.00 | |
| 0.080 | | 169.10 | 372.0 | 124.00 | | 137.70 | 302.9 | 101.00 | | 83.20 | 183 | 61.00 | |
| 0.100 | 1000 | 211.40 | 465.1 | 155.00 | 15.50 | 171.80 | 378 | 126.00 | 12.60 | 103.60 | 227.9 | 76.00 | 7.60 |
| 0.200 | 1500 | 345.00 | 759.0 | 253.00 | | 279.50 | 614.9 | 205.00 | | 169.10 | 372 | 124.00 | |
| 0.300 | | 437.70 | 962.9 | 321.00 | | 355.90 | 783 | 261.00 | | 214.10 | 471 | 157.00 | |
| 0.400 | | 486.80 | 1071 | 357.00 | | 395.50 | 870.1 | 290.00 | | 248.20 | 546 | 182.00 | |
| 0.500 | | 529.10 | 1164.0 | 388.00 | | 429.50 | 944.9 | 315.00 | | 259.10 | 570 | 190.00 | |

C

SOLICITANTE: JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

TESIS MAESTRIA: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

UBICACIÓN: AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

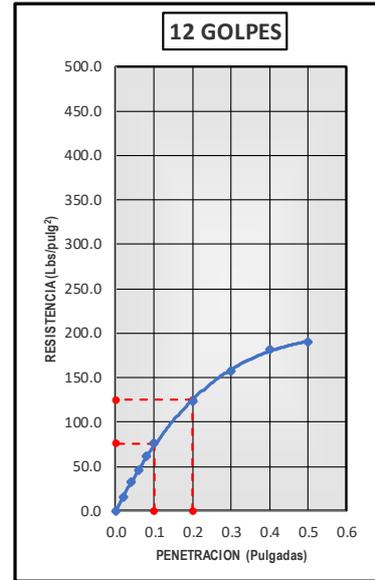
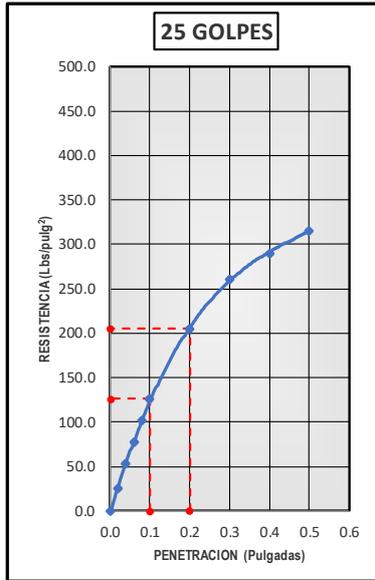
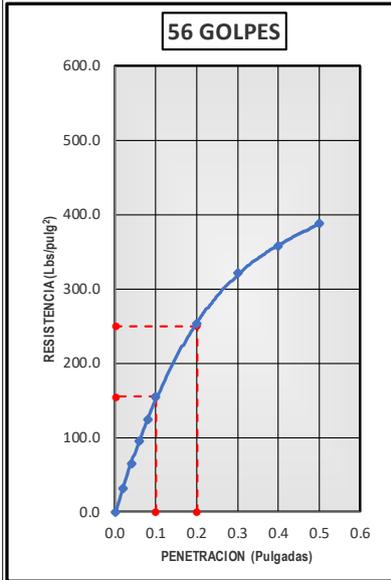
LUGAR: C - 04 - TERRENO NATURAL + 2% C.C.A.

MUESTRA: TERRENO NATURAL

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50 m.

FECHA: 30 DE MAYO DEL 2023

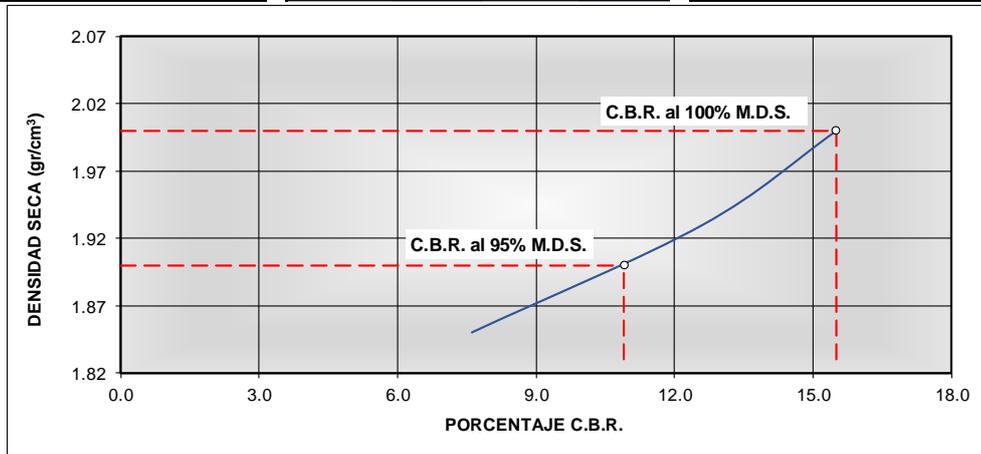
| DATOS DEL PROCTOR | | DATOS DEL C.B.R. | |
|---------------------------------------|--------|------------------------------|-------|
| Densidad Máxima (gr/cm ³) | 2.00 | C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 15.50 |
| Humedad Optima (%) | 10.82% | C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 10.90 |



Carga (1^o): 155Lbs/pulg2 Carga (2^o): 250Lbs/pulg2

Carga (1^o): 126Lbs/pulg2 Carga (2^o): 205Lbs/pulg2

Carga (1^o): 76Lbs/pulg2 Carga (2^o): 125Lbs/pulg2



1
1

1

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO
MTC - E - 132

SOLICITANTE : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

TESIS MAESTRIA : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION
DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

LUGAR : C - 04 - TERRENO NATURAL + 4% C.C.A.

MUESTRA : TERRENO NATURAL

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50 m.

FECHA : 30 DE MAYO DEL 2023

C.B.R.

| MOLDE Nº | 7 | | 21 | | 10 | |
|--------------------------------------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| CAPAS Nº | 5 | | 5 | | 5 | |
| Nº DE GOLPES POR CAPA | 56 | | 25 | | 12 | |
| CONDICION DE MUESTRA | SIN MOJAR | MOJADA | SIN MOJAR | MOJADA | SIN MOJAR | MOJADA |
| PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g) | 10,436 | 10,529 | 10,424 | 10,546 | 10,070 | 10,309 |
| PESO DEL MOLDE (g) | 5,029 | 5,029 | 5,348 | 5,348 | 5,210 | 5,210 |
| PESO DEL SUELO HUMEDO (g) | 5407 | 5500 | 5076 | 5198 | 4860 | 5099 |
| VOLUMEN DEL SUELO (cm ³) | 2,379 | 2,379 | 2,302 | 2,302 | 2,302 | 2,302 |
| DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³) | 2.27 | 2.31 | 2.21 | 2.26 | 2.11 | 2.22 |
| CAPSULA Nº | 11 | 23 | 16 | 22 | 33 | 17 |
| PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (g) | 79.11 | 122.88 | 130.63 | 113.86 | 108.91 | 139.90 |
| PESO CAPSULA + SUELO SECO (g) | 74.03 | 116.38 | 124.77 | 106.76 | 104.42 | 130.36 |
| PESO DE AGUA CONTENIDA (g) | 5.08 | 6.5 | 5.86 | 7.1 | 4.49 | 9.54 |
| PESO DE CAPSULA (g) | 19.40 | 55.15 | 64.45 | 46.41 | 56.48 | 63.16 |
| PESO DE SUELO SECO (g) | 54.63 | 61.23 | 60.32 | 60.35 | 47.9 | 67.2 |
| HUMEDAD (%) | 9.30% | 10.62% | 9.71% | 11.76% | 9.37% | 14.20% |
| DENSIDAD SECA (g/cm ³) | 2.08 | 2.09 | 2.01 | 2.02 | 1.93 | 1.94 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|-------|------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|-------|
| | | | | mm. | % | | mm. | % | | mm. | % |
| | | 0 hrs | 0.000 | | | 0.000 | | | 0.000 | | 0.000 |
| | | 24 hrs | 1.055 | 1.055 | 0.91 | 1.185 | 1.185 | 1.02 | 1.265 | 1.265 | 1.09 |
| | | 48 hrs | 1.120 | 1.120 | 0.96 | 1.207 | 1.207 | 1.04 | 1.290 | 1.290 | 1.11 |
| | | 72 hrs | 1.130 | 1.130 | 0.97 | 1.215 | 1.215 | 1.04 | 1.315 | 1.315 | 1.13 |
| | | 96 hrs | 1.155 | 1.155 | 0.99 | 1.233 | 1.233 | 1.06 | 1.355 | 1.355 | 1.17 |

PENETRACION

| PENETRACION pulg. | CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg ²) | MOLDE Nº 7 | | | | MOLDE Nº 21 | | | | MOLDE Nº 10 | | | |
|----------------------|---|------------|--------|-----------------------|-------|-------------|-------|-----------------------|-------|-------------|-------|-----------------------|------|
| | | CARGA | | CORECCION | | CARGA | | CORECCION | | CARGA | | CORECCION | |
| | | Lectura | lbs | lbs/pulg ² | % | Lectura | lbs | lbs/pulg ² | % | Lectura | lbs | lbs/pulg ² | % |
| 0.020 | | 43.60 | 95.9 | 32.00 | | 35.50 | 78.1 | 26.00 | | 21.80 | 48 | 16.00 | |
| 0.040 | | 91.40 | 201.1 | 67.00 | | 73.60 | 161.9 | 54.00 | | 45.00 | 99 | 33.00 | |
| 0.060 | | 133.60 | 293.9 | 98.00 | | 107.70 | 236.9 | 79.00 | | 65.50 | 144.1 | 48.00 | |
| 0.080 | | 174.50 | 383.9 | 128.00 | | 141.80 | 312 | 104.00 | | 84.50 | 185.9 | 62.00 | |
| 0.100 | 1000 | 218.20 | 480.0 | 160.00 | 16.00 | 177.30 | 390.1 | 130.00 | 13.00 | 106.40 | 234.1 | 78.00 | 7.80 |
| 0.200 | 1500 | 355.90 | 783.0 | 261.00 | | 289.10 | 636 | 212.00 | | 173.20 | 381 | 127.00 | |
| 0.300 | | 451.40 | 993.1 | 331.00 | | 366.80 | 807 | 269.00 | | 219.50 | 482.9 | 161.00 | |
| 0.400 | | 501.80 | 1104 | 368.00 | | 407.70 | 896.9 | 299.00 | | 255.00 | 561 | 187.00 | |
| 0.500 | | 545.50 | 1200.1 | 400.00 | | 443.20 | 975 | 325.00 | | 265.90 | 585 | 195.00 | |

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO

SOLICITANTE: JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

TESIS MAESTRIA: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

UBICACIÓN: AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

LUGAR: C - 04 - TERRENO NATURAL + 4% C.C.A.

MUESTRA: TERRENO NATURAL

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50 m.

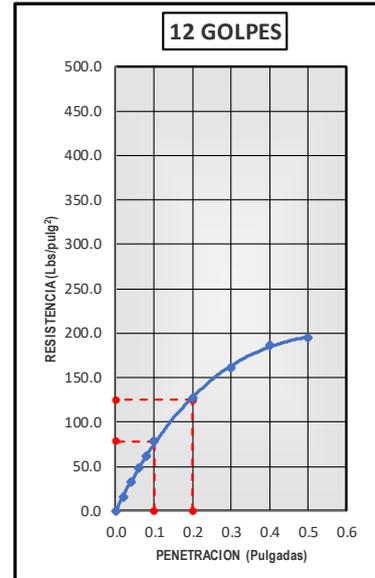
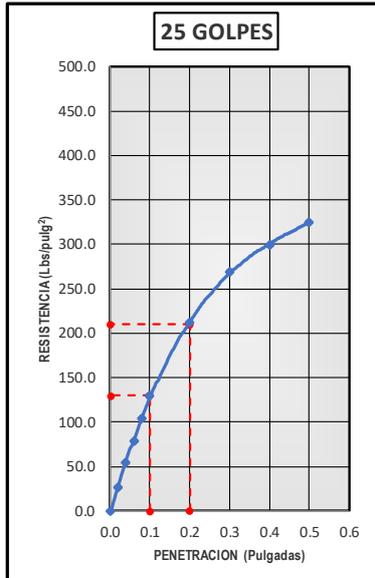
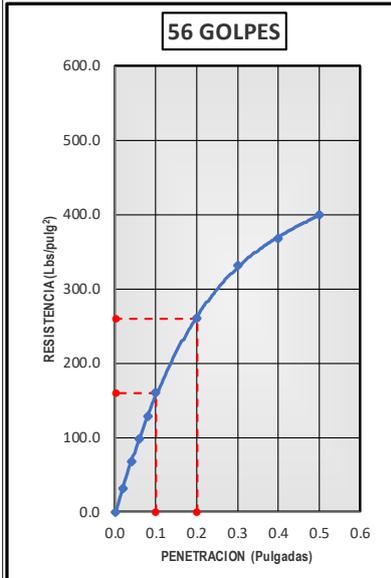
FECHA: 30 DE MAYO DEL 2023

DATOS DEL PROCTOR

| | |
|---------------------------------------|-------|
| Densidad Máxima (gr/cm ³) | 2.08 |
| Humedad Optima (%) | 9.30% |

DATOS DEL C.B.R.

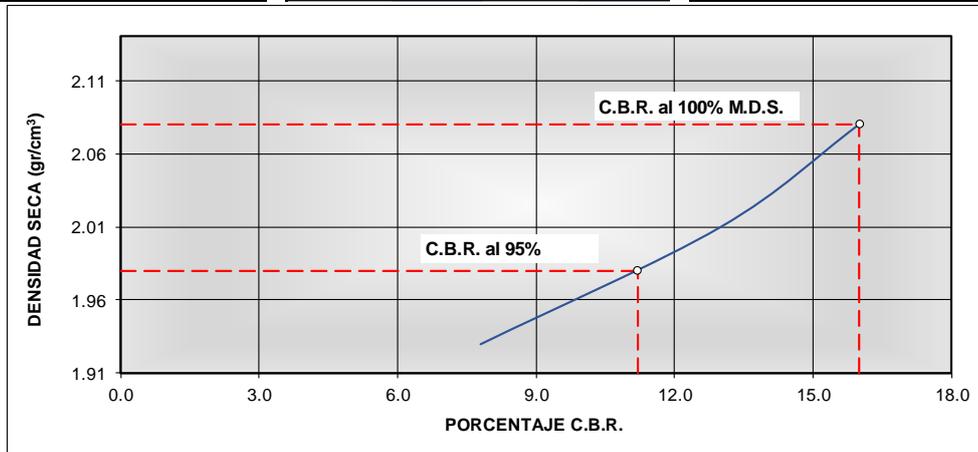
| | |
|------------------------------|-------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 16.00 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 11.20 |



Carga (1^o): 160Lbs/pulg2 Carga (2^o): 260Lbs/pulg2

Carga (1^o): 130Lbs/pulg2 Carga (2^o): 210Lbs/pulg2

Carga (1^o): 78Lbs/pulg2 Carga (2^o): 125Lbs/pulg2



1
1

1

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO
MTC - E - 132

SOLICITANTE : JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

TESIS MAESTRIA : MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION
DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

UBICACIÓN : AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

LUGAR : C - 04 - TERRENO NATURAL + 5% C.C.A.

MUESTRA : TERRENO NATURAL

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50 m.

FECHA : 30 DE MAYO DEL 2023

C.B.R.

| MOLDE Nº | 7 | | 21 | | 10 | |
|--------------------------------------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| CAPAS Nº | 5 | | 5 | | 5 | |
| Nº DE GOLPES POR CAPA | 56 | | 25 | | 12 | |
| CONDICION DE MUESTRA | SIN MOJAR | MOJADA | SIN MOJAR | MOJADA | SIN MOJAR | MOJADA |
| PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g) | 10,225 | 10,313 | 10,217 | 10,332 | 9,860 | 10,088 |
| PESO DEL MOLDE (g) | 5,029 | 5,029 | 5,348 | 5,348 | 5,210 | 5,210 |
| PESO DEL SUELO HUMEDO (g) | 5196 | 5284 | 4869 | 4984 | 4650 | 4878 |
| VOLUMEN DEL SUELO (cm ³) | 2,379 | 2,379 | 2,302 | 2,302 | 2,302 | 2,302 |
| DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³) | 2.18 | 2.22 | 2.12 | 2.17 | 2.02 | 2.12 |
| CAPSULA Nº | 11 | 23 | 16 | 22 | 33 | 17 |
| PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (g) | 79.66 | 123.49 | 131.24 | 114.47 | 109.39 | 140.57 |
| PESO CAPSULA + SUELO SECO (g) | 74.03 | 116.38 | 124.77 | 106.76 | 104.42 | 130.36 |
| PESO DE AGUA CONTENIDA (g) | 5.63 | 7.11 | 6.47 | 7.71 | 4.97 | 10.21 |
| PESO DE CAPSULA (g) | 19.40 | 55.15 | 64.45 | 46.41 | 56.48 | 63.16 |
| PESO DE SUELO SECO (g) | 54.63 | 61.23 | 60.32 | 60.35 | 47.9 | 67.2 |
| HUMEDAD (%) | 10.31% | 11.61% | 10.73% | 12.78% | 10.37% | 15.19% |
| DENSIDAD SECA (g/cm ³) | 1.98 | 1.99 | 1.91 | 1.92 | 1.83 | 1.84 |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|-------|------|--------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|-------|
| | | | | mm. | % | | mm. | % | | mm. | % |
| | | 0 hrs | 0.000 | | | 0.000 | | | 0.000 | | 0.000 |
| | | 24 hrs | 0.233 | 0.233 | 0.20 | 0.415 | 0.415 | 0.36 | 0.630 | 0.630 | 0.54 |
| | | 48 hrs | 0.315 | 0.315 | 0.27 | 0.466 | 0.466 | 0.40 | 0.690 | 0.690 | 0.59 |
| | | 72 hrs | 0.366 | 0.366 | 0.31 | 0.515 | 0.515 | 0.44 | 0.715 | 0.715 | 0.61 |
| | | 96 hrs | 0.388 | 0.388 | 0.33 | 0.560 | 0.560 | 0.48 | 0.755 | 0.755 | 0.65 |

PENETRACION

| PENETRACION pulg. | CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg ²) | MOLDE Nº 7 | | | | MOLDE Nº 21 | | | | MOLDE Nº 10 | | | |
|----------------------|---|------------|--------|-----------------------|-------|-------------|-------|-----------------------|-------|-------------|-------|-----------------------|---|
| | | CARGA | | CORECCION | | CARGA | | CORECCION | | CARGA | | CORECCION | |
| | | Lectura | lbs | lbs/pulg ² | % | Lectura | lbs | lbs/pulg ² | % | Lectura | lbs | lbs/pulg ² | % |
| 0.020 | | 45.00 | 99 | 33.00 | | 36.80 | 81 | 27.00 | | 21.80 | 48 | 16.00 | |
| 0.040 | | 92.70 | 203.9 | 68.00 | | 75.00 | 165 | 55.00 | | 45.00 | 99 | 33.00 | |
| 0.060 | | 136.40 | 300.1 | 100.00 | | 110.50 | 243.1 | 81.00 | | 66.80 | 147 | 49.00 | |
| 0.080 | | 178.60 | 392.9 | 131.00 | | 144.50 | 317.9 | 106.00 | | 87.30 | 192.1 | 64.00 | |
| 0.100 | 1000 | 223.00 | 490.6 | 163.50 | 16.35 | 181.40 | 399.1 | 133.00 | 13.30 | 109.10 | 240.0 | 80.00 | |
| 0.200 | 1500 | 364.10 | 801.0 | 267.00 | | 295.90 | 651 | 217.00 | | 177.30 | 390.1 | 130.00 | |
| 0.300 | | 460.90 | 1014 | 338.00 | | 375.00 | 825 | 275.00 | | 226.40 | 498.1 | 166.00 | |
| 0.400 | | 512.70 | 1127.9 | 376.00 | | 417.30 | 918.1 | 306.00 | | 261.80 | 576 | 192.00 | |
| 0.500 | | 557.70 | 1226.9 | 409.00 | | 454.10 | 999 | 333.00 | | 272.70 | 599.9 | 200.00 | |

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO

SOLICITANTE: JUAN CARLOS LOPEZ RAMIREZ

TESIS MAESTRIA: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA PAVIMENTACION DE AVENIDA AVIACION, DISTRITO Y PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA

UBICACIÓN: AV. AVIACION, DISTRITO SAN IGNACIO, PROVINCIA SAN IGNACIO, REGION CAJAMARCA

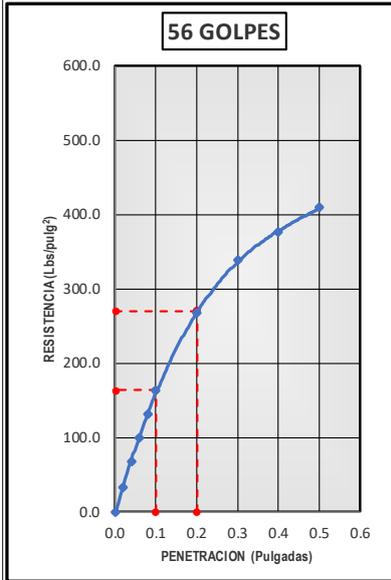
LUGAR: C - 04 - TERRENO NATURAL + 5% C.C.A.

MUESTRA: TERRENO NATURAL

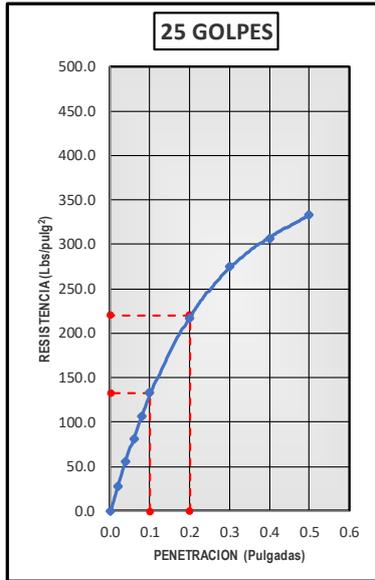
PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50 m.

FECHA: 30 DE MAYO DEL 2023

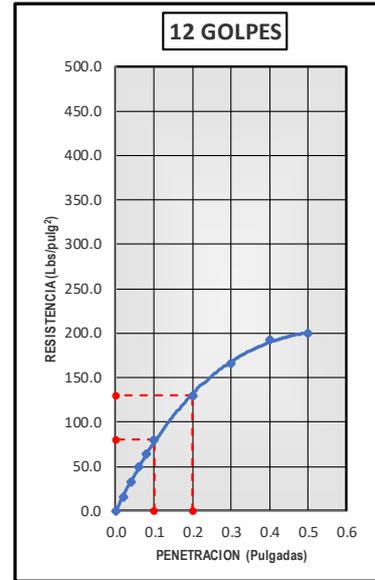
| DATOS DEL PROCTOR | DATOS DEL C.B.R. |
|---------------------------------------|------------------------------|
| Densidad Máxima (gr/cm ³) | 1.98 |
| Humedad Optima (%) | 10.31% |
| | C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) |
| | 16.35 |
| | C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) |
| | 11.50 |



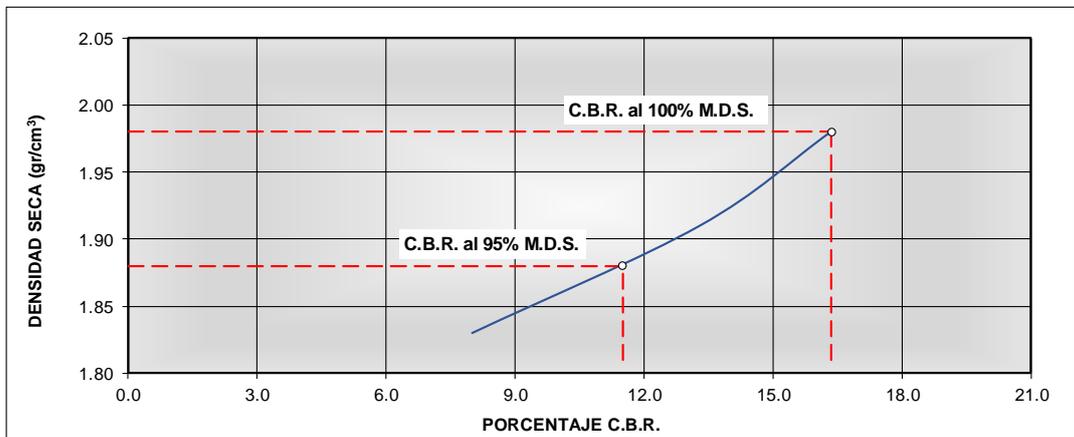
Carga (1^o): 164Lbs/pulg2 Carga (2^o): 270Lbs/pulg2



Carga (1^o): 133Lbs/pulg2 Carga (2^o): 220Lbs/pulg2



Carga (1^o): 80Lbs/pulg2 Carga (2^o): 130Lbs/pulg2



Anexo 15. REGISTRO DE PROPIEDAD INTELECTUAL DE LABORATORIO



PERÚ

Presidencia
del Consejo de Ministros

INDECOPI

Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00129178

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 008325-2021/DSD - INDECOPI de fecha 18 de marzo de 2021, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : SUELOS GEOCONTROL SRL

Distingue : Servicios de ingeniería; control de calidad de materiales

Clase : 42 de la Clasificación Internacional.

Solicitud : 0874991-2020

Titular : SUELOS GEOCONTROL S.R.L.

País : Perú

Vigencia : 18 de marzo de 2031

Tomo : 0646

Folio : 192

Firmado digitalmente por:
MELONI GARCIA Ray Augusto FAU
20133640503 hard
Fecha: 22/03/2021 11:21:43-0800

Director
Dirección de Signos Distintivos
INDECOPI



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por Indecopi, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web.

<https://enlinea.indecopi.gob.pe/verificador>

Id Documento: **1eedlet88**

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL
Calle De la Prosa 104, San Borja, Lima 41 - Perú, Telf: 224-7800, Web: www.indecopi.gob.pe

Anexo 16. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE BALANZAS ELECTRÓNICAS



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0215 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

| | |
|--|--|
| <p>1. Expediente 03964-2022</p> <p>2. Solicitante SUELOS GEOCONTROL S.R.L.</p> <p>3. Dirección CALLE LAS VIOLETA NRO 315 - LOS TULIPANES - JAEN</p> <p>4. Equipo de medición BALANZA ELECTRÓNICA</p> <p> Capacidad Máxima 30000 g</p> <p> División de escala (d) 1 g</p> <p> Div. de verificación (e) 1 g</p> <p> Clase de exactitud III</p> <p> Marca VALTOX</p> <p> Modelo LDC30N2</p> <p> Número de Serie NO INDICA</p> <p> Capacidad mínima 20 g</p> <p> Procedencia CHINA</p> <p> Identificación NO INDICA</p> <p>5. Fecha de Calibración 2022-11-04</p> | <p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p> |
|--|--|

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2022-11-05


JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA



☎ 913 028 621 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventas@perutest.com.pe
🏢 PERUTEST S.A.C.



PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0215 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
CALLE LAS VIOLETA NRO 315 - LOS TULIPANES - JAEN

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 24.6 °C | 24.6 °C |
| Humedad Relativa | 65% | 65% |

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|--|----------------------------|
| ELICROM | JUEGO DE PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: F1) | CCP-1020-002-21 |
| ELICROM | JUEGO DE PESAS 20 kg (Clase de Exactitud: F1) | CCP-1020-001-21 |
| METROIL | JUEGO DE PESAS 1 kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1) | CCP-0938-001-22 |
| ELICROM | JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1) | CCP-0908-001-22 |
| METROIL | TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO | 1AT-1704-2022 |

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (***) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



☎ 913 028 621 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventas@perutest.com.pe
🏢 PERUTEST SAC

Area de Metrología
 Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LM - 0215 - 2022

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

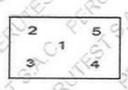
INSPECCIÓN VISUAL

| | | | | | |
|------------------|-------|------------------|----------|--------|----------|
| AJUSTE DE CERO | TIENE | PLATAFORMA | TIENE | ESCALA | NO TIENE |
| OSCILACIÓN LIBRE | TIENE | SISTEMA DE TRABA | NO TIENE | CURSOR | NO TIENE |
| | | NIVELACIÓN | TIENE | | |

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| | | | | | | | |
|--------------------------|---------------------|-------------|---------|--------------------------|---------|--------|---------|
| | | Inicial | | Final | | | |
| | | Temperatura | | Temperatura | | | |
| | | 24.6 °C | | 24.6 °C | | | |
| Medición N° | Carga L1 = 15,000 g | | | Carga L2 = 30,000 g | | | |
| | I (g) | ΔL (mg) | E (mg) | I (g) | ΔL (mg) | E (mg) | |
| 1 | 15,000 | 600 | -100 | 30,001 | 700 | 800 | |
| 2 | 15,000 | 7 | 499 | 29,999 | 200 | -700 | |
| 3 | 15,000 | 400 | 100 | 30,000 | 500 | 0 | |
| 4 | 15,000 | 600 | -100 | 30,000 | 500 | 0 | |
| 5 | 14,999 | 300 | -800 | 30,000 | 500 | 0 | |
| 6 | 15,000 | 500 | 0 | 30,000 | 700 | -200 | |
| 7 | 15,000 | 500 | 0 | 30,000 | 500 | 0 | |
| 8 | 15,001 | 800 | 700 | 29,999 | 300 | -800 | |
| 9 | 14,999 | 400 | -900 | 30,000 | 500 | 0 | |
| 10 | 15,001 | 800 | 700 | 29,999 | 300 | -800 | |
| Diferencia Máxima | | | 1,600 | Diferencia Máxima | | | 1,600 |
| Error Máximo Permissible | | | ± 3,000 | Error Máximo Permissible | | | ± 3,000 |

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición de las cargas

| | | | |
|--|--|-------------|-------------|
| | | Inicial | Final |
| | | Temperatura | Temperatura |
| | | 24.6 °C | 24.6 °C |

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|------------------------------------|-------|---------|---------|--------------------------------------|--------|---------|--------|---------|
| Posición de la Carga | Determinación del Error en Cero Eo | | | | Determinación del Error Corregido Ec | | | | |
| | Carga Mínima* | I (g) | ΔL (mg) | Eo (mg) | Carga L (g) | I (g) | ΔL (mg) | E (mg) | Ec (mg) |
| 1 | | 10 | 500 | 0 | | 10,000 | 500 | 0 | 0 |
| 2 | | 10 | 600 | -100 | | 10,001 | 800 | 700 | 800 |
| 3 | 10-g | 9 | 200 | -700 | 10,000 | 10,000 | 600 | -100 | -600 |
| 4 | | 10 | 400 | 100 | | 10,000 | 600 | -100 | -200 |
| 5 | | 11 | 800 | 700 | | 9,999 | 200 | -700 | -1,400 |
| Error máximo permisible | | | | | | | | | ± 3,000 |

* Valor entre 0 y 10g



☎ 913 028 621 - 913 028 622
 ☎ 913.028 623 - 913 028 624
 🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
 ✉ ventas@perutest.com.pe
 🏢 PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0215 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

| | | |
|-------------|---------|---------|
| Temperatura | Inicial | Final |
| | 24.6 °C | 24.6 °C |

| Carga L (g) | CRECIENTES | | | | DECRECIENTES | | | | e.m.p** (± mg) |
|----------------|------------|---------|--------|---------|--------------|---------|--------|---------|-------------------|
| | l (g) | ΔL (mg) | E (mg) | Ec (mg) | l (g) | ΔL (mg) | E (mg) | Ec (mg) | |
| 10 | 10 | 500 | 0 | 0 | 20 | 500 | 0 | 0 | 1,000 |
| 20 | 20 | 400 | 100 | 100 | 100 | 500 | 0 | 0 | 1,000 |
| 100 | 100 | 500 | 0 | 0 | 100 | 500 | 0 | 0 | 2,000 |
| 500 | 500 | 400 | 100 | 100 | 500 | 400 | 100 | 100 | 2,000 |
| 1,000 | 1,000 | 500 | 0 | 0 | 1,000 | 500 | 0 | 0 | 3,000 |
| 5,000 | 5,000 | 400 | 100 | 100 | 5,000 | 400 | 100 | 100 | 3,000 |
| 10,000 | 10,000 | 600 | -100 | -100 | 10,000 | 500 | 0 | 0 | 3,000 |
| 15,000 | 14,999 | 200 | -700 | -700 | 15,000 | 500 | 0 | 0 | 3,000 |
| 20,000 | 19,999 | 200 | -700 | -700 | 20,000 | 600 | -100 | -100 | 3,000 |
| 25,000 | 24,999 | 300 | -800 | -800 | 25,000 | 600 | -100 | -100 | 3,000 |
| 30,000 | 29,999 | 200 | -700 | -700 | 29,999 | 300 | -800 | -800 | 3,000 |

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.
E: Error encontrado

E₀: Error en cero.
E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0.5083912 \text{ g}^2 + 0.0000000213 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R - 0.0000305 \text{ R}$$

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



913 028 621 - 913 028 622

913 028 623 - 913 028 624

www.perutest.com.pe

Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

ventas@perutest.com.pe

PERUTEST S.A.C.



PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0220 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

| | |
|--------------------------|--|
| 1. Expediente | 03964-2022 |
| 2. Solicitante | SUELOS GEOCONTROL S.R.L. |
| 3. Dirección | CALLE LAS VIOLETA NRO 315 - LOS TULIPANES - JAEN |
| 4. Equipo de medición | BALANZA ELECTRÓNICA |
| Capacidad Máxima | 1200 g |
| División de escala (d) | 0.1 g |
| Div. de verificación (e) | 0.1 g |
| Clase de exactitud | III |
| Marca | DAKOTA |
| Modelo | NO INDICA |
| Número de Serie | NO INDICA |
| Capacidad mínima | 2.0 g |
| Procedencia | CHINA |
| Identificación | LM-0220 |
| 5. Fecha de Calibración | 2022-11-04 |

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión
2022-11-05

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello


JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA



☎ 913 028 621 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventas@perutest.com.pe
🏢 PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0220 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM-INACAL

7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.
CALLE LAS VIOLETA NRO 315 - LOS TULIPANES - JAEN

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 24,4 °C | 24,4 °C |
| Humedad Relativa | 65% | 65% |

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|--|----------------------------|
| ELICROM | JUEGO DE PESAS 1kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1) | CCP-0938-001-22 |
| ELICROM | JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1) | CCP-0908-001-22 |
| METROIL | TERMOHIGRÓMETRO DIGITAL MARCA: BOECO | 1AT-1704-2022 |

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO
- (**) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



913 028 621 - 913 028 622
913-028 623 - 913 028 624
www.perutest.com.pe

Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
ventas@perutest.com.pe
PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
 SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
 RUC N° 20602182721

PERUTEST S.A.C.
 EQUIPOS E INSTRUMENTOS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0220 - 2022

Área de Metrología
 Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

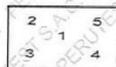
INSPECCIÓN VISUAL

| | | | | | |
|------------------|-------|------------------|-------|--------|----------|
| AJUSTE DE CERO | TIENE | PLATAFORMA | TIENE | ESCALA | NO TIENE |
| OSCILACIÓN LIBRE | TIENE | SISTEMA DE TRABA | TIENE | CURSOS | NO TIENE |
| | | NIVELACIÓN | TIENE | | |

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| Medición N° | Carga L1 = 600 g | | | Carga L2 = 1,200 g | | | |
|-------------------------|------------------|---------|--------|-------------------------|---------|--------|-------|
| | l (g) | ΔL (mg) | E (mg) | l (g) | ΔL (mg) | E (mg) | |
| 1 | 600.0 | 50 | 0 | 1200.0 | 50 | 0 | |
| 2 | 600.0 | 60 | -10 | 1199.9 | 20 | -70 | |
| 3 | 600.0 | 60 | -10 | 1200.0 | 40 | 10 | |
| 4 | 600.0 | 50 | 0 | 1200.1 | 80 | 70 | |
| 5 | 599.9 | 20 | -70 | 1200.0 | 60 | -10 | |
| 6 | 600.0 | 30 | 20 | 1200.0 | 50 | 0 | |
| 7 | 600.0 | 60 | -10 | 1200.0 | 60 | 0 | |
| 8 | 600.0 | 60 | -10 | 1200.0 | 50 | 0 | |
| 9 | 600.1 | 80 | 70 | 1200.0 | 60 | -10 | |
| 10 | 600.0 | 60 | -10 | 1199.9 | 20 | -70 | |
| Diferencia Máxima | | | 140 | Diferencia Máxima | | | 140 |
| Error Máximo Permisible | | | 200.0 | Error Máximo Permisible | | | 200.0 |

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición de las cargas

| Temperatura | Inicial | Final |
|-------------|---------|---------|
| | 24.5 °C | 24.4 °C |

| Posición de la Carga | Determinación del Error en Cero Eo | | | | Determinación del Error Corregido Ec | | | | | |
|-----------------------|------------------------------------|-------|---------|---------|--------------------------------------|-------|---------|--------|---------|-------|
| | Carga Mínima* | l (g) | ΔL (mg) | Eo (mg) | Carga L (g) | l (g) | ΔL (mg) | E (mg) | Ec (mg) | |
| 1 | 0.9 | 30 | -80 | | 400.0 | 20 | 30 | 110 | | |
| 2 | 1.0 | 50 | 0 | | 400.0 | 60 | -10 | -10 | | |
| 3 | 1.0 | 60 | -10 | | 400.0 | 40 | 10 | 20 | | |
| 4 | 1.0 | 50 | 0 | | 400.0 | 50 | 0 | 0 | | |
| 5 | 1.0 | 50 | 0 | | 400.1 | 80 | 70 | 70 | | |
| * Valor entre 0 y 10e | | | | | Error máximo permisible | | | | | 100.0 |



913 028 621 - 913 028 622
 913 028 623 - 913 028 624
 www.perutest.com.pe

Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
 ventas@perutest.com.pe
 PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0220 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

| | | |
|-------------|---------|---------|
| Temperatura | Inicial | Final |
| | 24.5 °C | 24.4 °C |

| Carga L (g) | CRECIENTES | | | | DECRECIENTES | | | | e.m.p** (± mg) |
|----------------|------------|---------|--------|---------|--------------|---------|--------|---------|-------------------|
| | I (g) | ΔL (mg) | E (mg) | Ec (mg) | I (g) | ΔL (mg) | E (mg) | Ec (mg) | |
| 1.0 | 1.0 | 50 | 0 | | | | | | |
| 2.0 | 2.0 | 40 | 10 | 10 | 2.0 | 40 | 10 | 10 | 100 |
| 10.0 | 10.0 | 60 | -10 | -10 | 10.0 | 50 | 0 | 0 | 100 |
| 40.0 | 40.0 | 50 | 0 | 0 | 40.0 | 60 | -10 | -10 | 100 |
| 80.0 | 80.0 | 40 | 10 | 10 | 80.0 | 50 | 0 | 0 | 100 |
| 100.0 | 100.0 | 50 | 0 | 0 | 100.0 | 60 | -10 | -10 | 100 |
| 250.0 | 250.0 | 60 | -10 | -10 | 250.0 | 40 | 10 | 10 | 100 |
| 500.0 | 500.0 | 50 | 0 | 0 | 500.0 | 50 | 0 | 0 | 200 |
| 800.0 | 799.9 | 20 | -70 | -70 | 800.0 | 40 | 10 | 10 | 200 |
| 1000.0 | 999.9 | 30 | -80 | -80 | 1000.0 | 60 | -10 | -10 | 200 |
| 1200.0 | 1199.9 | 20 | -70 | -70 | 1199.9 | 20 | -70 | -70 | 200 |

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.

E_o: Error en cero.

E: Error encontrado

E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0.003788 \text{ g}^2 + 0.00000000796 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R - 0.0000638 R$$

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



913 028 621 - 913 028 622

913 028 623 - 913 028 624

www.perutest.com.pe

Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

ventas@perutest.com.pe

PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0219 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

| | |
|--------------------------|--|
| 1. Expediente | 03964-2022 |
| 2. Solicitante | SUELOS GEOCONTROL S.R.L. |
| 3. Dirección | CALLE LAS VIOLETA NRO 315 - LOS TULIPANES - JAEN |
| 4. Equipo de medición | BALANZA ELECTRÓNICA |
| Capacidad Máxima | 300 g |
| División de escala (d) | 0.01 g |
| Div. de verificación (e) | 0.01 g |
| Clase de exactitud | III |
| Marca | DAKOTA |
| Modelo | NO INDICA |
| Número de Serie | NO INDICA |
| Capacidad mínima | 0.2 g |
| Procedencia | CHINA |
| Identificación | LM-0219 |
| 5. Fecha de Calibración | 2022-11-04 |

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2022-11-05

Jefe del Laboratorio de Metrología

JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA

Sello



913 028 621 - 913 028 622
913 028 623 - 913 028 624
www.perutest.com.pe

Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
ventas@perutest.com.pe
PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0219 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL

7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.

CALLE LAS VIOLETA NRO 315 - LOS TULIPANES - JAEN

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 24.6 °C | 24.6 °C |
| Humedad Relativa | 65% | 65% |

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|---|----------------------------|
| ELICROM | JUEGO DE PESAS 1 g a 1 kg (Clase de Exactitud: F1) | CCP-0908-001-22 |

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (**) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



913 028 621 - 913 028 622
913 028 623 - 913 028 624
www.perutest.com.pe

Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
ventas@perutest.com.pe
PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0219 - 2022

Area de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

| | | | | | |
|------------------|-------|------------------|-------|--------|----------|
| AJUSTE DE CERO | TIENE | PLATAFORMA | TIENE | ESCALA | NO TIENE |
| OSCILACIÓN LIBRE | TIENE | SISTEMA DE TRABA | TIENE | CURSOR | NO-TIENE |
| | | NIVELACIÓN | TIENE | | |

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| | | |
|-------------|---------|---------|
| Temperatura | Inicial | Final |
| | 24.4 °C | 24.4 °C |

| Medición N° | Carga L1 = 150 g | | | Carga L2 = 300 g | | | |
|-------------------------|------------------|---------|--------|-------------------------|---------|--------|----|
| | I (g) | ΔL (mg) | E (mg) | I (g) | ΔL (mg) | E (mg) | |
| 1 | 150.00 | 5 | 0 | 300.00 | 7 | -2 | |
| 2 | 150.00 | 6 | -1 | 300.00 | 6 | -1 | |
| 3 | 150.00 | 6 | -1 | 300.00 | 5 | 0 | |
| 4 | 150.00 | 7 | -2 | 300.00 | 6 | -1 | |
| 5 | 150.01 | 8 | 7 | 300.00 | 3 | 2 | |
| 6 | 150.00 | 5 | 0 | 300.00 | 5 | 0 | |
| 7 | 150.00 | 7 | -2 | 300.00 | 4 | 1 | |
| 8 | 150.00 | 5 | 0 | 300.00 | 6 | -1 | |
| 9 | 150.00 | 5 | 0 | 299.99 | 2 | -7 | |
| 10 | 150.00 | 6 | -1 | 299.99 | 2 | -7 | |
| Diferencia Máxima | | | 9 | Diferencia Máxima | | | 9 |
| Error Máximo Permisible | | | 20 | Error Máximo Permisible | | | 30 |

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición
de las
cargas

| | | |
|-------------|---------|---------|
| Temperatura | Inicial | Final |
| | 24.4 °C | 24.4 °C |

| Posición de la Carga | Determinación del Error en Cero Eo | | | | Determinación del Error Corregido Ec | | | | |
|----------------------------|------------------------------------|-------|---------|---------|--------------------------------------|-------|---------|--------|---------|
| | Carga Mínima* | I (g) | ΔL (mg) | Eo (mg) | Carga L (g) | I (g) | ΔL (mg) | E (mg) | Ec (mg) |
| 1 | 0.10 | 0.10 | 5 | 0 | 99.99 | 2 | -7 | -7 | -7 |
| 2 | 0.10 | 0.10 | 6 | -1 | 100.01 | 9 | 6 | 7 | 7 |
| 3 | 0.10 | 0.09 | 3 | -8 | 100.00 | 6 | -1 | 7 | 7 |
| 4 | 0.10 | 0.10 | 5 | 0 | 100.00 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0.11 | 0.11 | 7 | 8 | 100.00 | 4 | 1 | -7 | -7 |
| Error máximo permisible | | | | | | | | | 20 |

* Valor entre 0 y 10e



913 028 621 - 913 028 622
913-028 623 - 913 028 624
www.perutest.com.pe

Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
ventas@perutest.com.pe
PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.

PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0219 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

| | | |
|-------------|---------|---------|
| Temperatura | Inicial | Final |
| | 24.4 °C | 24.4 °C |

| Carga L (g) | CRECIENTES | | | | DECRECIENTES | | | | e.m.p ** (± mg) |
|----------------|------------|---------|--------|---------|--------------|---------|--------|---------|--------------------|
| | l (g) | ΔL (mg) | E (mg) | Ec (mg) | l (g) | ΔL (mg) | E (mg) | Ec (mg) | |
| 0.10 | 0.10 | 6 | -1 | | | | | | |
| 0.20 | 0.20 | 5 | 0 | 1 | 0.20 | 5 | 0 | 1 | 10 |
| 1.00 | 1.00 | 6 | -1 | 0 | 1.00 | 5 | 0 | 1 | 10 |
| 10.00 | 10.00 | 7 | -2 | -1 | 10.00 | 4 | 1 | 2 | 10 |
| 25.00 | 25.00 | 6 | -1 | 0 | 25.00 | 5 | 0 | 1 | 10 |
| 50.00 | 50.00 | 5 | 0 | 1 | 50.00 | 6 | -1 | 0 | 20 |
| 100.00 | 100.00 | 6 | -1 | 0 | 100.00 | 5 | 0 | 1 | 20 |
| 150.00 | 150.00 | 6 | -1 | 0 | 150.00 | 5 | 0 | 1 | 20 |
| 200.00 | 200.00 | 5 | 0 | 1 | 200.00 | 6 | -1 | 0 | 30 |
| 250.00 | 250.00 | 6 | -1 | 0 | 250.00 | 2 | 3 | 4 | 30 |
| 300.00 | 300.00 | 8 | -3 | -2 | 300.00 | 7 | -2 | -1 | 30 |

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E₀: Error en cero.
l: Indicación de la balanza. E: Error encontrado. E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{(0.000027 \text{ g}^2 + 0.0000000167 \text{ R}^2)}$

Lectura corregida $R_{\text{CORREGIDA}} = R - 0.000017 \text{ R}$

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



913 028 621 - 913 028 622
913-028 623 - 913 028 624
www.perutest.com.pe

Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
ventas@perutest.com.pe
PERUTEST SAC

Anexo 17. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE HORNO ELÉCTRICO

CERTIFICADO DE CALIBRACION
PT - LT - 067 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 7

1. Expediente 03964-2022
2. Solicitante SUELOS GEOCONTROL S.R.L.
3. Dirección CALLE LAS VIOLETA NRO 315 - LOS TULIPANES - JAEN
4. Equipo HORNO DE SECADO
 - Marca PERUTEST
 - Modelo PT-H76
 - N° de serie 0133
 - Procedencia Perú
 - Identificación No indica
 - Ubicación No indica

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

| Descripción | Dispositivo de control | Instrumento de medición |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| Intervalo de indicación | 0 °C a 200 °C | 0 °C a 200 °C |
| Resolución | 0,1 °C | 0,1 °C |
| Tipo | Digital | Digital |

5. Fecha de calibración 2022-11-04

Fecha de Emisión Jefe de Laboratorio

2022-11-05



JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA



Revisión 00



RT03-F01



PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACION PT - LT - 067 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 7

6. Método de calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros calibrados que tiene trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se utilizó el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018 2da edición.

7. Lugar de calibración

CALLE LAS VIOLETA NRO 315 - LOS TULIPANES - JAEN

8. Condiciones ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 24.0 °C | 24.0 °C |
| Humedad relativa | 65 % | 65 % |

9. Patrones de referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|--|----------------------------|
| SAT | Termómetro digital con 10 sensores tipo K (CH01 al CH10) con incertidumbre en el orden de 0,10 °C a 0,12 °C | LT-0377-2022 |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración deénde del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
- Antes de la calibración no se realizo algún tipo de ajuste.
- La tensión eléctrica del equipo es 227 VAC
- La carga para la medición consistió de 2 recipientes conteniendo muestras.



Revisión 00

RT03-F01

☎ 913 028 621 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624
🌐 www.perutest.com.pe

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventas@perutest.com.pe
📍 PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACION PT - LT - 067 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 7

11. Resultados de la medición

Temperatura ambiental promedio 24.0 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas
El controlador se seteo en 110 °C

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

| Tiempo min | Term. del equipo °C | TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C) | | | | | | | | | | T. prom °C | T. máx - T. mín. °C |
|---------------|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|------------------|------------------------------|
| | | NIVEL SUPERIOR | | | | | NIVEL INFERIOR | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 00 | 110.0 | 110.5 | 110.4 | 112.3 | 111.6 | 110.6 | 112.4 | 111.8 | 114.0 | 111.9 | 112.9 | 111.8 | 3.6 |
| 02 | 110.0 | 110.5 | 110.5 | 112.3 | 111.7 | 110.7 | 112.6 | 111.9 | 113.9 | 111.9 | 113.3 | 111.9 | 3.4 |
| 04 | 110.0 | 110.8 | 110.8 | 112.5 | 111.2 | 110.6 | 112.8 | 112.3 | 114.0 | 111.9 | 113.2 | 112.0 | 3.3 |
| 06 | 110.0 | 110.7 | 110.7 | 112.7 | 111.7 | 110.5 | 113.0 | 111.9 | 113.7 | 112.2 | 113.4 | 112.0 | 3.1 |
| 08 | 110.0 | 110.7 | 110.7 | 112.7 | 112.2 | 111.2 | 112.5 | 111.8 | 113.8 | 113.3 | 113.2 | 112.2 | 3.1 |
| 10 | 110.0 | 110.9 | 110.9 | 112.2 | 111.3 | 110.9 | 112.6 | 111.8 | 113.7 | 113.4 | 113.5 | 112.1 | 2.8 |
| 12 | 110.0 | 111.2 | 111.2 | 112.3 | 111.6 | 110.7 | 112.7 | 111.3 | 113.6 | 113.4 | 113.8 | 112.2 | 3.1 |
| 14 | 110.0 | 110.7 | 110.7 | 112.5 | 111.7 | 110.2 | 112.8 | 111.4 | 113.3 | 112.2 | 113.2 | 111.9 | 3.0 |
| 16 | 110.0 | 110.8 | 110.8 | 112.8 | 111.8 | 110.6 | 112.8 | 111.7 | 113.9 | 112.1 | 113.5 | 112.1 | 3.2 |
| 18 | 110.0 | 110.9 | 110.9 | 112.9 | 111.6 | 110.5 | 112.4 | 111.8 | 113.7 | 112.3 | 113.6 | 112.0 | 3.1 |
| 20 | 110.0 | 110.9 | 110.9 | 112.7 | 111.7 | 110.6 | 112.3 | 111.3 | 114.0 | 112.1 | 113.3 | 112.0 | 3.3 |
| 22 | 110.0 | 111.2 | 111.2 | 112.7 | 111.8 | 110.2 | 111.8 | 111.4 | 113.7 | 112.3 | 114.1 | 112.0 | 3.9 |
| 24 | 110.0 | 110.2 | 110.2 | 112.9 | 112.2 | 110.4 | 112.8 | 111.7 | 113.8 | 112.3 | 113.1 | 111.9 | 3.6 |
| 26 | 110.0 | 110.6 | 110.6 | 113.0 | 111.8 | 110.7 | 112.8 | 111.8 | 113.6 | 112.3 | 112.8 | 112.0 | 3.0 |
| 28 | 110.0 | 110.7 | 110.7 | 112.7 | 111.5 | 110.6 | 112.4 | 111.9 | 113.7 | 112.1 | 113.1 | 111.9 | 3.0 |
| 30 | 110.0 | 110.3 | 110.3 | 112.5 | 111.7 | 110.0 | 113.1 | 111.4 | 113.4 | 111.8 | 113.0 | 111.7 | 3.3 |
| 32 | 110.0 | 110.5 | 110.5 | 113.0 | 111.3 | 110.9 | 113.4 | 111.8 | 113.6 | 111.9 | 113.1 | 112.0 | 3.1 |
| 34 | 110.0 | 110.7 | 110.7 | 113.2 | 111.7 | 110.8 | 112.6 | 112.0 | 113.7 | 112.3 | 113.1 | 112.1 | 3.0 |
| 36 | 110.0 | 110.3 | 110.3 | 113.3 | 111.4 | 110.6 | 113.0 | 111.9 | 114.0 | 111.9 | 113.5 | 112.0 | 3.7 |
| 38 | 110.0 | 110.6 | 110.6 | 113.2 | 111.2 | 110.2 | 113.1 | 112.0 | 113.2 | 111.8 | 112.8 | 111.9 | 2.9 |
| 40 | 110.0 | 110.7 | 110.7 | 112.9 | 111.7 | 110.4 | 112.8 | 111.8 | 113.7 | 111.6 | 113.1 | 111.9 | 3.2 |
| 42 | 110.0 | 110.5 | 110.5 | 112.7 | 111.6 | 110.5 | 113.3 | 111.9 | 114.0 | 112.2 | 113.2 | 112.0 | 3.5 |
| 44 | 110.0 | 110.7 | 110.7 | 112.1 | 111.7 | 110.5 | 113.4 | 111.3 | 113.3 | 112.1 | 113.4 | 111.9 | 2.9 |
| 46 | 110.0 | 112.6 | 112.6 | 113.0 | 111.4 | 110.2 | 112.6 | 111.7 | 113.7 | 111.7 | 113.5 | 112.3 | 3.4 |
| 48 | 110.0 | 111.2 | 111.2 | 112.3 | 111.7 | 110.5 | 112.8 | 111.8 | 114.3 | 111.9 | 113.4 | 112.1 | 3.7 |
| 50 | 110.0 | 111.3 | 111.3 | 112.5 | 111.4 | 110.6 | 112.3 | 112.0 | 113.5 | 111.8 | 113.5 | 112.0 | 2.9 |
| 52 | 110.0 | 110.9 | 110.9 | 112.3 | 111.2 | 110.2 | 112.5 | 111.7 | 114.0 | 112.1 | 113.2 | 111.9 | 3.7 |
| 54 | 110.0 | 110.8 | 110.8 | 112.5 | 111.7 | 110.1 | 112.4 | 111.5 | 113.7 | 111.7 | 113.4 | 111.8 | 3.5 |
| 56 | 110.0 | 110.6 | 110.6 | 112.9 | 111.8 | 110.2 | 112.6 | 111.8 | 114.6 | 112.0 | 113.5 | 112.0 | 4.3 |
| 58 | 110.0 | 110.5 | 110.5 | 112.3 | 111.2 | 110.8 | 113.0 | 111.5 | 113.5 | 112.1 | 113.6 | 111.9 | 3.1 |
| 60 | 110.0 | 110.2 | 110.2 | 112.5 | 111.4 | 110.1 | 112.8 | 111.7 | 113.4 | 111.6 | 114.1 | 111.8 | 4.0 |
| T. PROM. | | 110.7 | 110.7 | 112.6 | 111.6 | 110.5 | 112.7 | 111.7 | 113.7 | 112.2 | 113.3 | 112.0 | |
| Temp. máxima | | 112.6 | 112.6 | 113.3 | 112.2 | 111.2 | 113.4 | 112.3 | 114.6 | 113.4 | 114.1 | | |
| Temp. mínima | | 110.2 | 110.2 | 112.1 | 111.2 | 110.0 | 111.8 | 111.3 | 113.2 | 111.6 | 112.8 | | |
| DTT | | 2.4 | 2.4 | 1.2 | 1.0 | 1.2 | 1.6 | 1.0 | 1.4 | 1.8 | 1.3 | | |

Revisión 00



913 028 621 - 913 028 622
913 028 623 - 913 028 624
www.perutest.com.pe

Av. Chillón Lote 50'B - Comas - Lima - Lima
ventas@perutest.com.pe
PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

CERTIFICADO DE CALIBRACION PT - LT - 067 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 7

| PARÁMETROS | Valor °C | Incertidumbre °C |
|---|-------------|---------------------|
| Máxima Temperatura medida | 114.6 | 0.4 |
| Mínima Temperatura medida | 110 | 0.3 |
| Desviación de Temperatura en el Tiempo | 2.4 | 0.1 |
| Desviación de Temperatura en el Espacio | 3.2 | 0.2 |
| Estabilidad medida | 1.2 | 0.05 |
| Uniformidad medida | 4.3 | 0.2 |

- T. PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
- T. prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
- T_{MAX} : Temperatura máxima.
- T_{MIN} : Temperatura mínima.
- DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0.06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.



Revisión 00

RT03-F01

913 028 621 - 913 028 622
913 028 623 - 913 028 624
www.perutest.com.pe

Av. Chillón Lote 50°B - Comas - Lima - Lima
ventas@perutest.com.pe
PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.

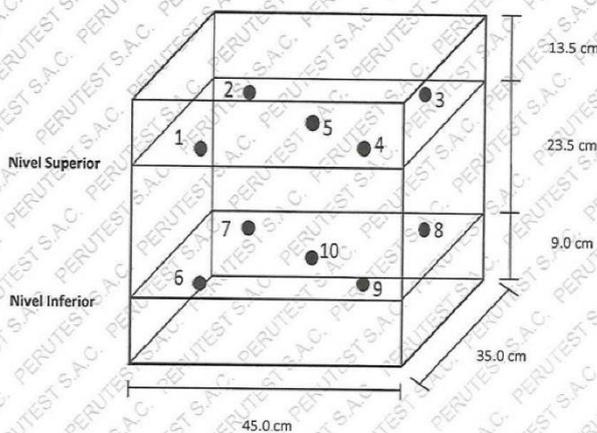
VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACION PT - LT - 067 - 2022

Página 5 de 7

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DEL EQUIPO



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 1.5 cm por encima de carga

Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1.5 cm por debajo de la parrilla inferior

Los sensores del 1 al 4 y 6 al 9 están ubicados 4.5 cm de las paredes laterales y a 4.5 cm del frente y fondo del equipo.

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.



Revisión 00

RT03-F01

913 028 621 - 913 028 622
913 028 623 - 913 028 624
www.perutest.com.pe

Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
ventas@perutest.com.pe
PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

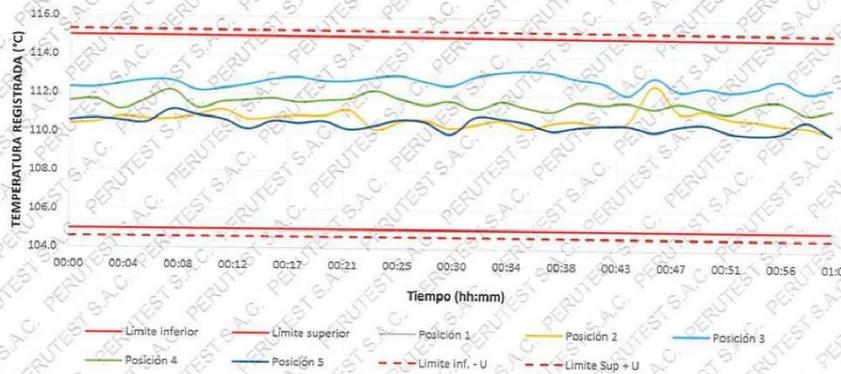
CERTIFICADO DE CALIBRACION PT - LT - 067 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

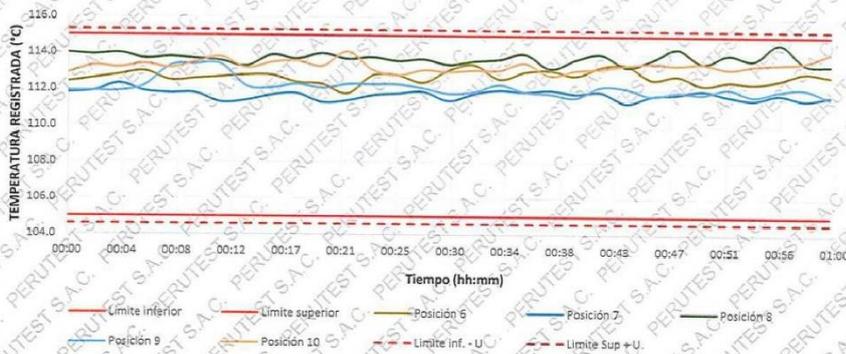
Página 6 de 7

TEMPERATURA DE TRABAJO DE $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

NIVEL SUPERIOR



NIVEL INFERIOR



Revisión 00



913 028 621 - 913 028 622

913 028 623 - 913 028 624

www.perutest.com.pe

Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

ventas@perutest.com.pe

PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

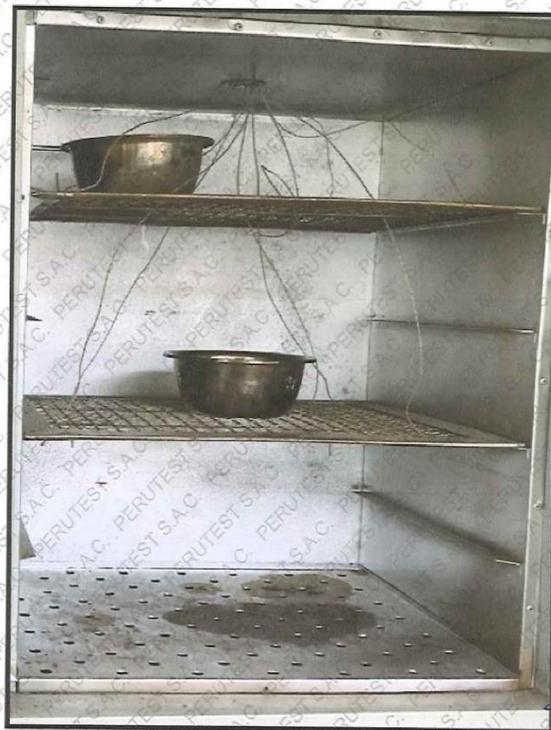
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACION
PT - LT - 067 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 7 de 7

FOTOGRAFIA INTERNA DEL EQUIPO



FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 913 028 621 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventas@perutest.com.pe
🏢 PERUTEST SAC

**Anexo 18. PANEL FOTOGRÁFICO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE
CALICATAS**

**Anexo 19. PANEL FOTOGRÁFICO DE LOS ENSAYOS DE CONTENIDO DE
HUMEDAD**

Figura 35

Pesado de la muestra de la calicata N° 01



Figura 36

Pesado de la muestra de la calicata N° 03



Figura 37

Pesado de la muestra de la calicata N° 04



Figura 38

Colocación de la muestra de suelo en el horno de la calicata N° 01



**Anexo 20. PANEL FOTOGRÁFICO DE LOS ENSAYOS DE ANÁLISIS
GRANULOMÉTRICO**

Figura 39

Análisis granulométrico de la calicata N° 01



Figura 40

Análisis granulométrico de la calicata N° 02



Figura 41

Análisis granulométrico de la calicata N° 03



Figura 42

Análisis granulométrico de la calicata N° 04



**Anexo 21. PANEL FOTOGRÁFICO DE LOS ENSAYOS DE LÍMITES DE
ATTERBERG**

Figura 43

Límites de Atterberg de la muestra de suelo de la calicata N° 01



Figura 44

Límites de Atterberg de la muestra de suelo de la calicata N° 02



Figura 45

Límites de Atterberg de la muestra de suelo de la calicata N° 03



Figura 46

Límites de Atterberg de la muestra de suelo de la calicata N° 04



Anexo 22. PANEL FOTOGRÁFICO DE LOS ENSAYOS DE PROCTOR

Figura 47

Ensayo de Proctor modificado calicata N° 4



Figura 48

Ensayo de Proctor modificado calicata N° 5



Anexo 23. PANEL FOTOGRÁFICO DE LOS ENSAYOS DE CBR

Figura 49

Ensayo de CBR muestra N° 4



Figura 50

Ensayo de CBR muestra N° 5

